



VALVOMONÄYTTÖJEN SUUNNITTELU SYMPHONY PLUS OHJAUSJÄRJESTEL- MÄSSÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Martti Piironen			
Työn nimi Valvomonäyttöjen suunnittelu Symphony Plus ohjausjärjestelmässä			
Päiväys	6.6.2016	Sivumäärä/Liitteet	50/3
Ohjaajat Markku Kosunen, Jukka Huttunen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu Oy, Energiantutkimuskeskus			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyö on tehty Savonia-ammattikorkeakoulu Oy:n Energiantutkimuskeskukselle. Pää tavoitteena oli tutustua Symphony Plus (S+) ohjausjärjestelmään ja suunnitella tälle toimiva graafinen käyttöliittymä. Käyttöliittymästä ohjataan koko laitoksen toimintaa. Laitoksella on kaksi kattilaa, leijupetikattila ja liikkuvalla arinalla varustettu jäte-lämpökattila.</p> <p>Valvomonäyttöjä oli tarkoitus suunnitella toimivassa laitosympäristössä. Ohjauksen testaamiseen tarvitaan toimiva yhteys ohjausjärjestelmän ja ohjattavien laitteiden välille. Työn aikana ilmeni kuitenkin ongelmia koko automaatiojärjestelmän toiminnan kanssa ja työtehtäviin lisättiin näiden selvittäminen. Ongelmia on selvitelty esimerkiksi testailemalla erilaisia kytkentöjä ja ohjelmien asetuksia. Käytetyt ohjelmat olivat Automation Builder ja CodeSys.</p> <p>Opinnäytetyössä on tutustuttu yleisesti voimalaitoksen pääkomponentteihin, automaatioon ja Symphony Plus ohjausjärjestelmän toimintaan. Työssä on listattu laitoksella tarvittavia näyttötyyppejä, sekä esitelty hyvän käyttöliittymän vaatimuksia. Valvomonäyttöjen suunnitteluun ja symbolien piirtämiseen on käytetty Symphonyn omaa Display Builder-ohjelmaa, jonka käyttöön on opinnäytetyössä koottu ohjeita ja esimerkkejä.</p> <p>Työn tuloksena syntyi yksi prosessikaavionayttö, sekä ohjeita jatkolle. Koottu teoria toimii pohjatyönä jatkosuunnittelussa. Osa automaation tiedonsiirron ongelmista on saatu korjattua, mutta vain muutamasta laitteesta saadaan dataa. Ohjausjärjestelmää ei myöskään saatu toimintakuntoon.</p> <p>Opinnäytetyön aikana ehdittiin tutustua vain järjestelmän teoreettiseen toimintaan, sekä koota ohjeita valvomonäyttöjen suunnitteluun. Kun viat on saatu korjattua ja järjestelmä on toimintakunnossa, pitää työn tuloksia vielä testata käytännössä ja tehdä sen pohjalta tarkempaa työsuunnitelmaa.</p>			
Avainsanat Energiantutkimuskeskus, Symphony Plus, Ohjausjärjestelmä, Käyttöliittymä			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author Martti Piironen			
Title of Thesis Designing Control Displays with Symphony Plus Control System			
Date		Pages/Appendices	
Supervisor(s) Markku Kosunen, Jukka Huttunen			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences, Energy Research Center			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Savonia University of Applied Sciences Energy Research Center. The main goal of the thesis was to familiarize oneself with Symphony Plus control system and to design a functional graphical interface. This interface is used to control the whole plant. There are two boilers in the plant, which are a fluidized bed boiler and a waste heat boiler equipped with a moving grate.</p> <p>Designing control displays was supposed to take place in working environment. To test the control, you need a working connection between the control system and field devices. During thesis, some issues emerged with the whole automation system. Those issues needed to be dealt with and problem solving was added to the task list. To find a solution, different wirings and program settings were tested. Programs that were used for this were Automation Builder and CodeSys.</p> <p>In this thesis the main components and the automation of a power plant and the basic operation of Symphony Plus control system were explored on a general basis. In this work there has been made A list of different kinds of displays needed was made. There is also a showcase of requirements for creating a good operation system is included. Operating displays and symbols were made with Display Builder which is a program part of Symphony Plus. In this thesis there are also guidelines and examples on how to use this program.</p> <p>The results of this thesis were one process control display and some instructions for the future. The theory collected during this thesis will work as a base for the follow up design. Some of the communication problems with the automation system were dealt with, but still only a couple of the instruments are sending data. Also the control system was not set into operational state before the thesis was finished.</p> <p>During the thesis there was time to only explore the theoretical side of the system operations as well as to assemble instructions for the design of the control room displays. After the system is operational, the results of this study must be tested and a more detailed work plan can be done.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Energy Research Center, Symphony Plus, Control System, Interface</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Lyhenteet ja määritelmät.....	7
2	ENERGIANTUTKIMUSKESKUS	7
2.1	Leijupetikattila	7
2.2	Jätelämpökattila.....	8
2.3	Pyrolyysiöljypoltinjärjestelmä	8
2.4	Testauspalvelut.....	8
3	KATTILALAITOKSEN PÄÄKOMONENTIT	9
3.1	Polttolaitteet.....	9
3.2	Vesi-höyryjärjestelmä	9
3.3	Palamisilmajärjestelmä	10
3.4	Savukaasujärjestelmä.....	10
3.5	Polttoainejärjestelmä.....	11
3.6	Apujärjestelmät	11
4	VOIMALAITOKSEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT	12
4.1	Ohjemoitavat logiikat	13
4.2	Savonian Energiantutkimuslaitoksen automaatiojärjestelyt.....	13
4.2.1	Logiikoiden laitelista	17
5	VALVOMO	18
5.1	Control Builder Plus.....	18
5.2	CodeSys ja ohjelmointi	18
5.3	Käyttöliittymä	19
5.3.1	Vaatimuksia käyttöliittymälle	19
5.3.2	Käyttöliittymäkonsepti	20
5.3.3	Hälytykset	21
6	SYMPHONY PLUS.....	21
6.1	Operations	22
6.2	Arkkitehtuuri.....	22
6.3	Display builder	23
6.4	Universal Connect Tool.....	23
6.5	OPC	24

6.6	System setup.....	25
6.7	Operator workplace.....	26
7	TYÖSELOSTUS	27
7.1	Alustus.....	27
7.2	Display Builderin käyttö	27
7.2.1	Perusperiaatteet.....	27
7.2.2	Työkalut	29
7.2.3	Painonappi.....	31
7.2.4	Tallennus.....	34
7.2.5	Dynamics.....	34
7.2.6	Dynaamisia mahdollisuuksia.....	36
7.2.7	Leijutusosan polttoainejärjestelmän kuvaus	38
7.2.8	Ehdotetut värit ja mitat	39
7.3	Automaatio-ongelmat.....	42
8	SUOSITUKSET	45
8.1	Laitelistaukset.....	46
8.2	Prosessikaavionäyttöjen hahmottelu.....	46
8.3	Tiedonsiirron ongelmien selvittäminen.....	47
8.4	Hälytysten suunnittelu.....	48
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	48
	LÄHTEET	50
	LIITTEET	51

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Savonian Energiantutkimuskeskuksella Varkaudessa. Energiantutkimuskeskus on pieni, testauskäyttöön tarkoitettu, voimalaitos, jonka keskeisimmät komponentit ovat leijupetikatila ja jätelämpökattila. Laitoksella on suurimmat asennukset jo tehty. Opinnäytetyön aikana laitoksella on tehty käyttöönottotestejä yksittäisille laitteille ja suuremmille kokonaisuuksille, kuten jätelämpökattilalle. Testausta on suoritettu, joko paikallisohjauksella tai ohjaamalla prosessia CodeSys-ohjelmassa.

Energiantutkimuslaitoksen koko prosessin valvonta ja ohjaus on kuitenkin tarkoitus tapahtua laitoksen valvomossa olevilta tietokoneilta. Tietokoneisiin on asennettu Symphony Plus v.2.0.2 ohjausjärjestelmä, jonka graafisilta näytöiltä seuranta tapahtuu. Opinnäytetyön alkutavoite olikin luoda valvomokoneille toimiva graafinen käyttöliittymä.

Yhdeltä ohjausnäytöltä ei koko laitoksen ohjausta voi suorittaa, joten prosessi pitää jakaa loogisiin kokonaisuuksiin. Hyvä tapa on jaotella nämä laitoksen pääkomponenttien mukaan. Suunnittelijan onkin hyvä ymmärtää nämä jaot ja mihin lopputulosta käytetään. Opinnäytteen luvussa kaksi on esitelty Energiantutkimuslaitosta ja luvussa kolme esitellään perustietoa kattilalaitoksen eri pää- ja apujärjestelmistä.

Luvussa neljä käsitellään yleisesti voimalaitoksen automaatiojärjestelmiä, sekä esitellään Energiantutkimuslaitoksen automaatiojärjestelyjä. Ohjausjärjestelmä on osa voimalaitoksen automaatiota. Opinnäytteen aikana on tutustuttu laitosautomaation eri tasoihin ja laitteisiin. Automaatio toteutetaan harvoin yhdessä ainoassa järjestelmässä ja valvomosta annetaan vain käskyjä alemman tason ohjausjärjestelmille. Ohjausjärjestelmillä tarkoitetaan yleensä ohjelmoitavia logiikoita. Varsinaiset automaatiojärjestelmän toiminnot tapahtuvat prosessiasemilla. Asemilla on erilaisia tulo- ja lähtöyksiköitä, joilla asema liitetään osaksi muuta prosessia.

Luvussa viisi käsitellään valvomokoneilla käytettyjä ohjelmia ja tarvittavia toimenpiteitä. Lisäksi luvussa on kerrottu vinkkejä käyttöliittymän suunnitteluun. Hyvä käyttöliittymä on selkeä ja helppo hahmottaa, vaikka näytölle olisikin sijoitettu paljon informaatiota. Haasteena suunnittelussa onkin tarvittavan tiedon rajaaminen näytölle ja sen looginen esittäminen. Lisäksi valvomossa tarvittavia näyttötyyppejä on useita erilaisia, joita esitellään luvussa.

Luvussa kuusi esitellään Symphony Plus-automaatiojärjestelmää. Symphonyssa ohjataan laitoksen prosessia käyttäen muuttujina laitteiden tageja eli tunnisteita. Opinnäytetyössä Symphony Plus-järjestelmästä käytetyt ohjelmat ovat esimerkiksi System Setup, Universal Connect ja Display Builder. Display Builder on näyttöjen suunnitteluohjelma, jota opinnäytetyössä käytettiin eniten.

Työselosteessa eli luvussa seitsemän esitellään Display Builderin käyttöä ja sen käyttömahdollisuuksia. Opinnäytteen alkutavoite oli luoda Symphony Plus Operations työkaluilla Energiantutkimuslaitokselle toimiva käyttöliittymä. Käyttöliittymää oli tarkoitus suunnitella suoraan toimivassa ympäristössä. Automaation tiedonsiirto-ongelmat ja Symphony Plus järjestelmän käyttöönoton järjestäminen kestivät kuitenkin oletettua pidempään. Luvussa seitsemän käsitellään myös havaittuja automaation ongelmia.

Lopulta opinnäytteen käytännön osan suoritus rajattiin Display Builderin peruskäyttöön. Tuloksena hahmoteltiin yksi prosessikaavionaäyttö polttoainejärjestelmästä, sekä koottiin ohjeita jatkosuunnittelulle. Luvussa kahdeksan on lueteltu suosituksia työn jatkotoimenpiteille.

1.1 Lyhenteet ja määritelmät

HMI = Human Machine Interface

HSI = Human System Interface

DCS = Distributed Control System

PLC = Programmable Logic Controller

SCADA = Supervisory Control And Data Acquisition

I/O = Input / Output

CPU = Central Processing Unit

IP = Internet Protocol

PC = Personal Computer

SPO = Symphony Plus Operations

2 ENERGIAINTUTKIMUSKESKUS

Savonian Energiantutkimuskeskus Varkaudessa tarjoaa energiatutkimusmahdollisuuksia teknologia-alan yrityksille ja julkisen sektorin toimijoille. Voimalaitoskokonaisuudesta löytyy kaksi kattilaa, leijupetikattila, sekä arinalla toimiva jätelämpökattila. Lisäksi arinakattilan yhteyteen on rakennettu pyrolyysiöljypoltinjärjestelmä. Laitos ei vielä opinnäytetyötä tehtäessä ollut käyttövalmiina. Suurimmat asennukset on kuitenkin jo tehty ja yksittäisille laitteille ja osakokonaisuuksille ollaan tekemässä käyttöönottotestejä. Sähkö- ja automaatioasennukset, sekä ohjelmointi vievät kirjoitushetkellä eniten resursseja. (Energiantutkimuskeskus, 2016)

2.1 Leijupetikattila

Leijupetikattila kuvataan seuraavasti (Energiantutkimuskeskus, 2016):

Koulutus- ja tutkimuskäyttöön tarkoitettu leijupetikattila on energiantutkimuskeskuksen "sydän". Se koostuu neljästä eri segmentistä ja takavedosta. Leijupetikattila on tehollaan korkeintaan 300 kW. Sen korkeus on 8 150 mm, ja savukaasumäärä 600 nm³ /h. Tulipesän halkaisija on 494 mm.

Leijupedillä pystytään tutkimaan polttoaineen vaihtelun ja sekoitussuhteen vaikutuksia syntyviin savukaasuihin, ilman syöttötasojen vaihtelun vaikutuksia palamiseen sekä kiertokaasun syötön vaikutuksia kattilaan. Lisäksi kattila sisältää suuren määrän mittausyhteitä, joilla voidaan tutkia polton aikana tapahtuvaa lämpötilakäyttäytymistä kattilan eri vyöhykkeissä.

Leijupetikattilasta poistuva savukaasu voidaan ohjata suodattimien kautta piippuun tai korroosiotestauskammioon, jossa voidaan testata savukaasun korroosio-ominaisuuksia ja tarkastella kuinka erilaiset polttoaineet vaikuttavat savukaasujen korroosio-ominaisuuksiin. Savukaasu voidaan myös ajaa suoraan jätelämpökattilan läpi.

2.2 Jätelämpökattila

Leijupetikattilassa ei ole lieriötä, eikä sillä tuoteta höyryä. Tuotettua energiaa otetaan talteen ohjaamalla savukaasut jätelämpökattilaan jossa osa lämpöenergiasta siirtyy vesikiertoon. Kattila on Arterm Oy:n Savonialle rakentama 500 kW biokattila. Siinä on liikkuva arina, jolla voidaan polttaa turvetta, haketta ja pellettiä.

2.3 Pyrolyysiöljypoltinjärjestelmä

Energiantutkimuskeskuksen jätelämpökattilan yhteyteen on asennettu pyrolyysiöljypoltinjärjestelmä. Järjestelmää kuvataan seuraavasti (Energiantutkimuskeskus, 2016)

Pyrolyysiöljypolttimen teho on enintään 500 kW ja liekki on halkaisijaltaan 0,6 m ja pituudeltaan 2,1 m. Pyrolyysiöljypoltinjärjestelmällä on mahdollista tutkia öljyn sakkautumiseen liittyviä ongelmia, tehdä polttimen starttikokeita öljyllä, testauksen avulla pienentää öljyn aiheuttamaa korroosiota ja sen vaikutusta sekä vähentää pyrolyysiöljyn aiheuttamaa kattilan likaantumista ja sen vaikutuksia.

Pyrolyysiöljypolttimen ja kattilan jälkeen savukaasu voidaan ohjata erilaisten puhdistimien läpi ja sille voidaan tehdä kaasukomponentti- ja pölymittauksia, samoin kuten leijupedinkin tapauksessa. Pyrolyysipoltimesta tulevat savukaasut voidaan myös ohjata korroosiotestauskammion läpi ja tutkia siellä erilaisten vaihtimien korroosioikäyttäytymistä.

2.4 Testauspalvelut

Energiantutkimuskeskuksella ei pyritä tuottamaan mitään, vaan sen käyttötarkoitus on tarjota paikka, jossa pystytään suorittamaan mahdollisimman monipuolisia testauksia. Alapuolelle on listattu muutamia laitoksen tarjoamia testauspalveluja.

- *Polttoainetestaukset*

- *Korroosio- ja materiaalitestaukset*
- *Bioöljyn poltin- ja polttotestaukset sekä öljyn käyttäytymis- ja käyttökokeet*
- *Polttokokeet ja tulipesäkäyttäytyminen seospolttoaineilla ja katalyyteilla*
- *Päästöjen mittauspalvelut ja puhdistuslaitettestaukset*
- *Maalämpöjärjestelmä- ja vaihdintestauspalvelut*

(Energiantutkimuskeskus, 2016)

3 KATTILALAITOKSEN PÄÄKOMONENTIT

3.1 Polttolaitteet

”Polttolaitteiden tehtävä on saada polttoaine palamaan, jotta polttoaineseen sitoutunut kemiallinen energia vapautuu lämmöksi. Palamisilman ja palavan aineen on reagoitava keskenään mahdollisimman tehokkaasti niin, että polttoaineen palaessa ilmaylimäärä kattilassa jää mahdollisimman pieneksi. Tätä varten on kehitetty usean tyyppisiä polttotekniikoita erilaisia polttoaineita varten.” Arina ja leijukerros poltto ovat yleisiä biopolttoaineita käyttävissä voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa. (Voimalaitostekniikka, 2008, s. 35)

Arinapoltoissa polttoaine käsitellään tarvittaessa murskaamalla se polttoon soveltuvaan muotoon. Sen jälkeen polttoaine levitetään liikkuvalla tai kiinteällä arinalle, jossa palaminen tapahtuu. Arina on jaettu eri vyöhykkeisiin, joissa polttoaineen kuivuminen ja lämmitys, polttoaineen kaasuuntuminen sekä kiinteän polttoaineen palaminen tapahtuvat. Kiinteä arina, kuten taso-, viisto ja porrasarina, sopii pienitehoisiin kattiloihin. Isommissa kattiloissa käytetään mekaanista eli liikkuvaa arinaa sekä automaattista polttoaineen syöttöä ja tuhkanpoistoa. Arinapolton ongelmia on, että palamista on vaikea hallita, polttoaine jakautuu ja palaa epätasaisesti ja epätasaisesta palamisesta aiheutuu päästöjä. (Voimalaitostekniikka, 2008, s. 35- 36.)

”Leijukerrostekniikalla tarkoitetaan polttotapaa, jossa polttoaine poltetetaan leijutettavan hiekan seassa. Hiekka leijutetaan alaspäin puhallettavalla ilmalla. Leijukerroskattilat jaetaan kerrosleijukattiloihin ja kiertoleiju- eli kiertopetikattiloihin.” Erot tulevat leijutusnopeudessa ja hiekan raekoossa. Kiertopetikattilassa hiekka on hienompaa ja se poistuu tulipesästä kaasun mukana. Hiekka erotellaan syklonissa ja palautetaan takaisin tulipesään. Kerrosleijussa hiekka muodostaa tulipesään leijuvaan hiekkakerroksen. Kumpikin polttotapa soveltuu hyvin kosteille polttoaineille, koska kuuma hiekka kuivattaa ne nopeasti ja aineen syttyminen pääsee tapahtumaan. (Voimalaitostekniikka 2008, s. 36)

3.2 Vesi-höyryjärjestelmä

Vesikiertojärjestelmään kuuluu yleensä pumpput, putkistot, vesisäiliö, lisäveden lähde, lämmönsiirtimiä, ilmauslaitteet ja mahdollisesti liitännät kulutuskohteeseen. Syöttövesi- tai kiertovesipumppu, riippuu millainen järjestelmä, sijoitetaan yleensä aina putkiston alimpaan kohtaan. Putkiston nousut pitävät hydrostaattisen paineen pumpulla mahdollisimman vakiona ja näin kavitaatiota ei pääse tapahtumaan. Kavitaatio tarkoittaa pumpun roottorin pyörähtämistä ilman vastusta. Putkistosta poiste-

taan ilma sen ylimmissä kohdissa olevista ilmausventtiileistä. Jos putkistossa on ylimääräistä ilmaa, veden kierto ja näin ollen lämmön siirtyminen ei ole optimaalista. Lisäksi keittoputkistoissa oleva ilma voi aiheuttaa kuivakiehuntaa.

Vesi toimii lämmönsiirtoaineena. Kattilassa kiertävä vesi taltioi osan poltossa syntyneestä lämpöenergiasta itseensä. Toisessa päässä tätä kiertoa on mahdollisesti vesivaraaja, johon lämpöenergia siirretään lämmönsiirtimien ja putkiston avulla talteen. Erilaisten putkiyhteiden avulla lämpö voidaan ohjata eri kohteisiin. Vesi toimii laitoksissa myös jäähdytysaineena.

3.3 Palamisilmajärjestelmä

Palamisilmajärjestelmä koostuu kanavistosta, puhaltimista ja esilämmittimistä. Palamisilmaproessin hallitsemiseksi ilma tuodaan kattilaan useammassa vaiheessa primääri- ja sekundääri-ilmoina. Primääri- ja sekundääri-ilmapuhaltimet tuottavat kanavistoon tarvittavat paineet ilmavirtausten aikaansaamiseksi. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 44.)

Primääri-ilma toimii leijutuskaasuna, joka johdetaan virtausmittauksen ja ilman esilämmittimen eli LUVO:n kautta kattilan alaosaan. Sekundääri-ilma syötetään tulipesän seinämille useammalle tasolle. Syötettävä sekundääri-ilma toimii esimerkiksi starttipolttimien palamis- ja jäähdytysilmana ja tehostaa polttoaineen lopullista palamista. Kattilaan syötettävän ilman kokonaismäärää ohjataan suhteessa kattilaan syötettyyn polttoainevirtaan. Sekoitussuhdetta säädetään mittamaalla savukaasujen happipitoisuutta. Sekundääri-ilma on se ilma joka kontrolloi happipitoisuutta eniten. (Voimalaitostekniikka, 2008, s. 40- 42.)

3.4 Savukaasujärjestelmä

Savukaasujärjestelmän tehtävä on poistaa savukaasut kattilasta ja puhdistaa ne kiintoaineesta sekä typen ja rikin oksideista säännösten edellyttämälle tasolle. Savukaasut imetään tulipesästä savukaasupuhaltimilla ja poistetaan ympäristöön savupiipun kautta. Piipun tehtävä on siinä syntyvän vedon avulla helpottaa savukaasupuhallinten toimintaa sekä levittää savukaasut laajalle alueelle, jotta päästöt laitoksen välittömässä läheisyydessä laimentuvat riittävän alhaiselle tasolle. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 44- 45.)

Hiukkasia poistetaan savukaasuista esimerkiksi sähkösuodattimilla, erottimilla eli sykloneilla, pesureilla ja kuitusuodattimilla. Yleisin erotin voimalatoksissa on sähkösuodatin, jossa hiukkaset poistetaan kaasusta ionisoinnin ja voimakkaan sähkökentän avulla. Erottimissa eli sykloneissa pöyinen kaasu pakotetaan pyörivään liikkeeseen jolloin hiukkaset valuvat massavaikutuksen johdosta pohjassa olevaan poistoaukkoon. Kuitusuodattimissa hiukkaset jäävät kankaaseen, jonka läpi kaasu johdetaan. Pesurit ovat laitoksilla vielä harvinaisia, koska pesussa syntynyt jätevesi on kallista jälkikäsittelyä. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 49.) Pesurit ovat kuitenkin yleistymässä laitoksilla paljon, sillä polttoaineen ostoa on siirtynyt pikkuhiljaa MWh-pohjaiseksi ja pesureissa polttoaineen kosteuteen si-

toutunut energia on merkittävä ”ilmaisen” tulon lähde. Lisäksi toimijat ennakoivat muutosta kiristyvänä päästönormeina, joka lisää myös pesureiden suosiota.

3.5 Polttoainejärjestelmä

Kiinteän polttoaineen kattilalaitoksissa polttoainejärjestelmät ovat usein yksi suurimmista erillisjärjestelmistä. Kiinteän polttoaineen kuljetus ja esikäsittelyjärjestelmä koostuvat mm. vastaanottoasemasta, polttoaineen seulonnasta, purkaimista, polttoainesiloista, kuljettimista ja syöttimistä. Öljyjärjestelmiä on kevyelle ja raskaalle öljylle yleensä erikseen. Öljyjärjestelmään tarvitaan kuitenkin aina varastosäilöt, siirto- ja ruiskutuspumput, sekä mahdollisesti raskasöljyn esilämmitys. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 44.)

3.6 Apujärjestelmät

Yleisimpiä apujärjestelmiä ovat jäähdytys, petimateriaali, kalkki, tuhka, ammoniakki ja puhdistusjärjestelmät.

Voimalaitosprosessissa on useita kohteita, joita on jäähdytettävä ja joissa syntyvä yllämpö on siirrettävä prosessista ympäristöön. Esimerkiksi turbiinien voiteluöljyä, paineilmalaitteita ja tuhkaruuvia on jäähdytettävä. Jäähdyttämisen voi suorittaa vaikka suljetulla jäähdytysvesipiirillä, jossa lämmönsiirtimillä siirretään lämpöä toiseen piiriin, jossa kulkee esimerkiksi merivesi. Lämminnyt merivesi syötetään takaisin mereen. (Voimalaitostekniikka, 2008, s. 44- 45.)

Jäähdytykseen voidaan käyttää veden sijasta myös ilmaa. Savonian Energiantutkimuskeskuksella esimerkiksi tuhkaa voidaan hätätapauksessa jäähdyttää kierrättämällä ilmaa tuhkaruuvilla. Lisäksi, koska tutkimuskeskuksella on rajatut kulutus- ja varastointivalmiudet tuotetulle lämpöenergialle, joudutaan vesikiertoja jäähdyttämään erillisellä radiaattorilla. Radiaattorilla on oma suljettu neste-kierto, jolla jäähdytetään varaajan ja lämpökaivojen vettä.

Petimateriaalijärjestelmä koostuu käytännössä materiaalisiloista ja paineilmaputkistoista. Petimateriaalina käytetään hienorakeista hiekkaa, joka ammutaan paineilman avulla kattilaan. Siellä petiä joko leijutetaan paikallaan (kerrosleiju) tai kierrätetään tulipesän ja syklonin välillä (kiertopeti). Kun petimateriaali halutaan vaihtaa, hiekka poistetaan tuhkapesän kautta.

Ammoniakinsyötön tarkoitus on auttaa haitallisten typen oksidien (NOx) päästöissä. Ammoniakkia syötetään erillisestä säiliöstä pumpun avulla suoraan kattilan tulipesään.

Kalkkia syötetään tulipesään vähentämään rikkidioksidipäästöjä. Kalkki reagoi rikin kanssa muodostaen kipsiä, joka poistuu kattilasta tuhkan mukana.

Pohjatuhkajärjestelmään kuuluu tuhkan kattilasta poistava ruuvi, kuljettimet, hiekanerotin ja palautusjärjestelmä, sekä tuhkasäiliö. Kattilaan kerääntyvä tuhka on saatava kattilasta pois, sillä suurina määrinä se sintraantuu eli sulaa ja vaikuttaa suoraan kattilan sisäiseen paineeseen. Tuhka poiste-

taan kattilan alaosasta ja mukana on jonkin verran petimateriaalia. Tuhka ja hiekka kuljetetaan erottimelle, josta hiekka palautetaan takaisin kattilaan ja tuhka viedään pois.

4 VOIMALAITOKSEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

Voimalaitoksen automaatio toteutetaan harvoin yhdessä ainoassa järjestelmässä. Tavallisimmin voimalaitokseen hankitaan yksi pääautomaatiojärjestelmä, jolla toteutetaan pääosa voimalaitoksen valvonnasta, ohjauksesta ja säädöstä. Pääautomaatio on tyypillisesti ns. digitaalinen hajautettu automaatiojärjestelmä DCS. Pääautomaatiojärjestelmään liitetään ainakin kaikki tavanomaiset pääprosessin mittaukset, ohjaukset ja säädöt. Pääprosessilla tarkoitetaan tässä voimalaitosprosessia polttoainevarastosiloista tai -säiliöistä alkaen aina lauhde-, jäähdytysvesi- ja kaukolämpölaitteisiin. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 185.)

Voimalaitosprosessissa on pääprosessin lisäksi myös erilaisia osa-, sivu- ja apuprosesseja. Osaprosesseilla tai joillakin laitteilla, kuten generaattoreilla ja suodatinlaitteilla on useasti omat ohjausjärjestelmänsä. Nämä liitetään kuitenkin ainakin pääautomaatioon siten, että niitä voidaan valvoa ja ohjata päävalvomosta käsin. Sivu- ja apuprosesseja voidaan toteuttaa pääautomaatiojärjestelmässä tai vaikka ohjelmoitavilla logiikoilla (PLC). Kiinteän polttoaineen vastaanotto- ja kuljetuslaitteisto käy esimerkiksi sivuprosessista, joka voidaan toteuttaa erillisjärjestelmällä.

Erillisjärjestelmiä hankitaan yleensä taloudellisista ja hankinnallisista syistä. Moneltakin valmistajilta löytyy nykyisin pakettiratkaisuja halutun osaprosessin suorittamiseen. Yleensä saadaan ostettua esimerkiksi suunnittelu, toimilaitteet, automaatio ja asennus yhdestä paikasta. Tämä säästää aikaa ja rahaa, mutta koko prosessin pitäminen yhdessä voi muodostaa ongelman pääautomaatiolle ja laitoksen suunnittelulle. Pääautomaatiojärjestelmän pitääkin olla joustava, että siihen voidaan liittää hyvin erilaisia laitteita. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 185- 187.)

Tuotannonohjausjärjestelmä eli automaatiojärjestelmä (SCADA) harvoin ohjaa itse suoraan yksittäisiä laitteita vaan se antaa käskyt alemman tason ohjausjärjestelmille. Näillä järjestelmillä tarkoitetaan yleensä aiemminkin mainittuja ohjelmoitavia logiikoita (PLC). Ohjelmoitavat logiikat voivat toimia ja niiden pitääkin pystyä toimimaan itsenäisesti. Ylimmän tason automaatio toteutetaan yleensä PC:llä ja prosessin pitää pystyä jatkumaan, vaikka tietokoneen käyttöjärjestelmä sattuisikin kaatumaan. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat, 2007, s. 10, 209- 210.)

Varsinaiset automaatiojärjestelmän toiminnot tapahtuvat prosessiasemilla. Asemilla on yleensä erilaisia tulo- ja lähtöyksiköitä (I/O), joilla asema liitetään osaksi muuta prosessia. Lisäksi prosessiasemassa on virtalähde ja muistilla varustettu keskusyksikkö. Laitteet asennetaan omaan kehikkoon eli automaatiokaappiin. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat, 2007, s. 191.)

4.1 Ohjelmoitavat logiikat

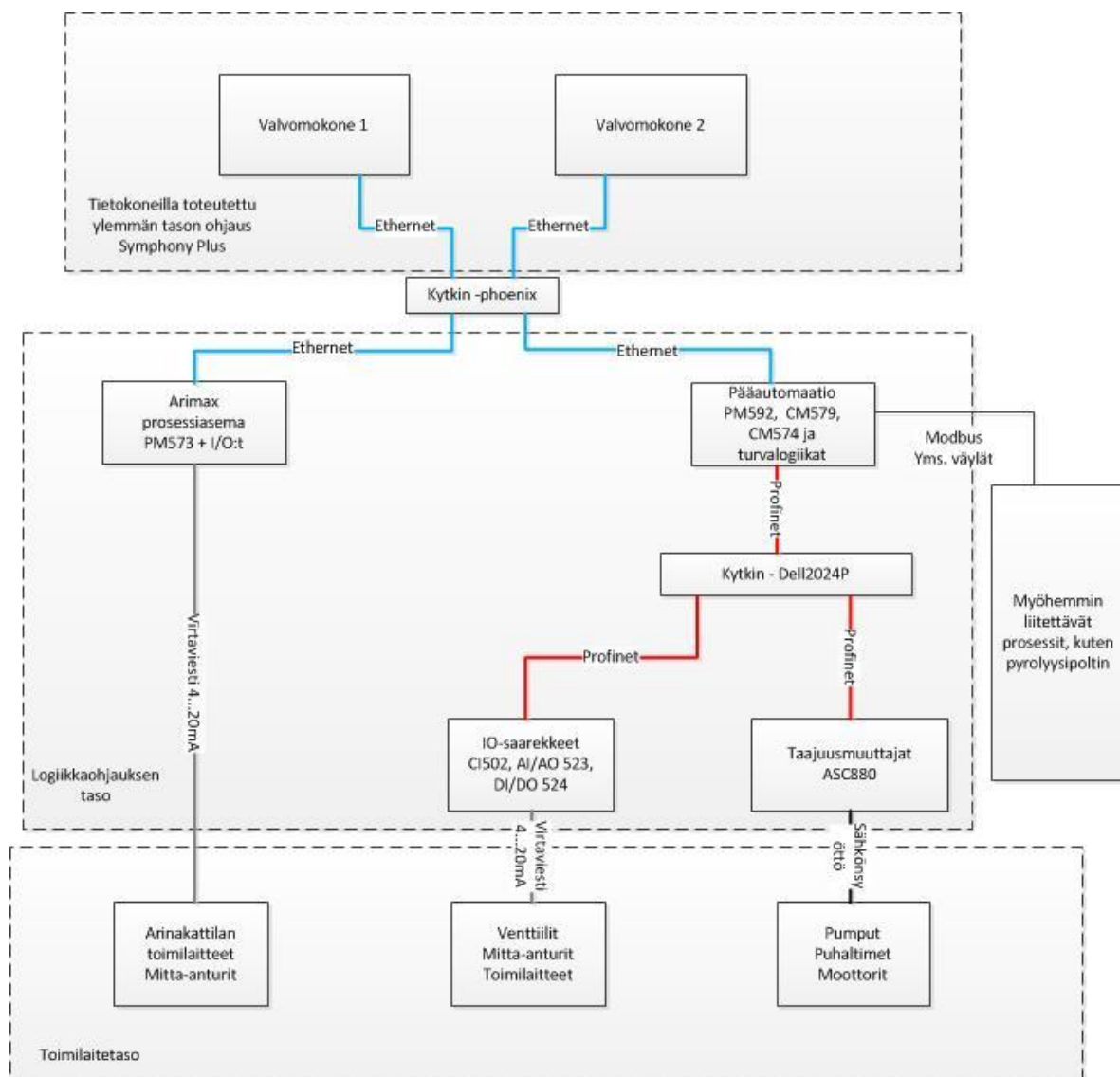
Ohjelmoitavilla logiikoilla voidaan hoitaa prosessin säätöjä ja ohjauksia. "Ne toimivat vertaamalla jatkuvasti prosessista tulevia tietoja ja säätö- ja ohjausparametrien muutoskäskyjä ohjelmamuistissa oleviin asetuksiin. Ohjelmoitavat logiikat suorittavat laskutoimitukset säätökäskyjä ja asetusarvojen korjailua varten. Keskusyksikkö lukee tulojen tilaa ja vertaa sitä ohjelmamuistiin kirjoitettuihin ehtoihin. Kun tulojen tilasta löytyy ohjelmamuistiin kirjoitetun ehdon looginen vastaavuus, logiikka kytkee lähdön päälle. Lähtö tarkoittaa impulssia toimilaitteelle tai jotain käynnistys- tai pysäytyskäskyä." (Höyrykattilatekniikka, 2000, s 293) Yksinkertaisesti selitettynä logiikka on kuin kytkin tulojen ja lähtöjen välillä. Tulo- ja lähtösignaalit ovat digitaalisia tai analogisia.

Digitaalinen viesti on yleensä esimerkiksi venttiilin auki/kiinni -tilatieto tai -ohjaus. Kun halutaan jokin tarkka tieto, niin käytetään analogisia viestejä. Esimerkiksi mitta-anturien tulot ovat yleensä analogisia. Tai jos halutaan asettaa venttiili 30 % auki, analogisella viestillä voidaan venttiilille lähettää tarkka asentokäsky. Analoginen signaali on siis tarkka tieto ja digitaalinen 1 tai 0. Kummallekin signaalityypille on omat vastaanottimensa.

Hyvät puolet ohjelmoitavien logiikoiden käytössä on, että kun järjestelmä on kerran johdotettu eli kytketty toimilaitteille asti, prosessin muutokset voidaan helposti tehdä ohjelmallisesti. Vanhojen releohjausten aikaan tarvitsi ohjelmamuutokset tehdä kytkentöjä muuttamalla.

4.2 Savonian Energiantutkimuslaitoksen automaatiojärjestelyt

Savonian Energiantutkimuslaitoksen ohjausjärjestelmä on koottu pääosin ABB:n AC500-perheen ohjelmoitavilla logiikoilla ja niiden lisäosilla. Kuvassa 1 näkyy kuinka laitteet ovat liitetty toisiinsa ja mitä tiedonsiirtotapaa välillä käytetään.



Kuva 1. Energiantutkimuslaitoksen automaatio

Valtaosa laitoksen tulo- ja lähtösuureista kulkee neljän I/O saarekkeen kautta. Jokaisella saarekkeella on ensimmäisenä CI502 väylämoduuli, jonka terminaalissa on kaksi RJ-45 liitäntäporttia. Kaikki liikenne pääautomaation ja logiikkakaapin IO-korttien välillä kulkee näiden kautta. Näiden saarekkeiden ja pääautomaation välinen tieto kulkee **Profinet**-tiedonsiirtotapaa käyttäen, joka on Siemensin kehittämä **teollisuus-ethernet -standardi**. Automaatiossa tiedon pitää kulkea mahdollisimman reaaliaikaisesti ja Profinetia käyttäen vasteajat ovat muutamia millisekunteja. Perinteisellä toetherneetillä viivet voivat olla sekuntiluokkaa. (Profinet-tuotekuvaus, 2016)



Kuva 2. IO-saarekkeet

CI502 moduulissa on myös itsessään paikkoja muutamille laiteliitännöille. Analogikorteilla AI 524 (input) ja AO 524 (output) on jokaisessa 16 liitäntäpaikkaa. Digitaalikorteille taas pystyy liittämään tuplamäärän toimintoja, eli 32 per kortti. Yhteensä saarekkeilla on 15 analogista ja seitsemän tulo-modulia. Asennetuille korteille mahtuisi siis jo nyt yli 200 analogista mittausta. Ohjaukseen tarkoitettuja lähtömoduleita taas on yhdeksän analogista ja kaksi digitalista. Tuettu I/O-korttien maksimimäärä on kymmenen per saareke, joten laajennusvaraa on vielä.

Pääautomaatiokaapissa on turvamoduulit ja päälogiikka, josta on pienen ethernetkytkimen kautta ethernetyhteys valvomossa oleviin tietokoneisiin. Tietokoneita on tarkoitus valvomossa olla kaksi, jotka toimivat identtisesti. Kummaltakin koneelta voidaan lukea samaa tietoa ja tehdä ohjauksia. Tarkoitus on, kuten voimalaitoksissa yleensäkin, että laitoksen kaikkia operaatioita voidaan vähintään seurata näiltä koneilta. Koneet ovat malliltaan Dell Poweredge T620. Näille on asennettu ABB:n toimesta Symphony Plus Operations -niminen ohjausjärjestelmä.

Energiantutkimuslaitoksella pumppujen ja puhaltimien ohjaukseen käytetään ABB:n ACS-880-01 taajuusmuuttajia. Nämä ovat helppokäyttöisiä ja kompakteja seinälle asennettavia laitteita. Taajuusmuuttajiin on asennettu FENA-21 kommunikaatiomodulit Profinet-tiedonsiirtoa varten. Muuttajat on liitetty neljän ja viiden kappaleen ryhmissä Dell2024P -kytkimeen, josta on suora yhteys pääautomaatioon. Ohjauksen pystyy suorittamaan paikallisesti laitteiden omilta ohjauspäätteiltään, mutta näidenkin toimintaa halutaan seurata valvomosta käsin.



Kuva 3. Taajuusmuuttajat

Jätelämpökattilan ohjaus on omalla prosessiasemallaan, josta on ethernetyhteys valvomoon. Kaapissa on kaksi tehonlähdettä, PM572 CPU ja muutama tulo- ja lähtömoduuli. Lisäksi on erilaisia releitä, kontaktoreja, riviliittimiä ja sulakkeita, mutta näihin laitteisiin ei tässä opinnäytetyössä keskitytä.



Kuva 4. Arinakattilan prosessiasema

Poltinautomaatiikka on toteutettuna Siemens LMV 52-poltinohjaimella ja Fidelix Spider-näyttöyksiköllä. Vaikka prosessia säädettäisiinkin paikallisesti laitteiston omalta näytöltä, niin tämän prosessin tapahtumia halutaan kuitenkin seurata valvomosta. Kirjoitushetkellä ei ole vielä aivan selvää, että miten tämä yksikkö saadaan yhdistettyä pääautomaation. Todennäköisesti se tapahtuu Modbus-kenttäväylää hyödyntämällä. Tätä erillisprosessia pitää pystyä ohjaamaan yhteistyössä esi-

merkiksi savukaasupuhaltimien kanssa. Arinakattilan tulipesä, johon pyrolyysipoltinkin on yhteydessä, halutaan pitää alipaineisena, ettei palo pääse karkaamaan polttoaineensyötölle, eikä mahdollisia vuotoja pääse tapahtumaan. Savukaasupuhaltimet suorittavat tämän painetilan ylläpitämisen ime-mällä kattilan kaasuja.

4.2.1 Logiikoiden laitelista

Alla on listattu laitteita, jotka löytyvät pääautomaation ja jätelämpökattilan prosessiasemilta. Turva-moduuleja ei ole vielä asennettu paikalleen, mutta ne lisätään paikalleen myöhemmin.

Pääautomaatio:

- ABB PM592-ETH
 - Prosessoriyksikkö 4 GB muistilla ja terminaalissa, johon tämä on liitetty, on yksi RJ-45-liitäntäportti.
- ABB CM579-PNIO
 - Profinet -protokollaa käyttävä kommunikaatiomoduli, jossa 2x RJ-45 liitäntäporttia
- ABB CM572-DP
 - Kommunikaatiomoduli. Profibus DP, jossa 9-pinninen D-Sub-liitäntäpaikka
- ABB CM574-RS
 - Kommunikaatiomoduli, jossa 2x RS-232/485 -liitäntäpaikkaa
- SM560-S
 - Prosessorilla varustettu turvamoduuli
- DX581-S
 - IO-moduuli turvatoiminnoille

I/O saarekkeiden laitteet:

- ABB CI502-PNIO
 - Väylämoduuli, jonka terminaalissa kaksi RJ-45 liitäntäporttia. Hallitsee kultakin I/O-saarekkeelta tulevaa ja lähtevää liikennettä.
- ABB DI524 ja ABB DO524
 - Moduulit digitaalituloille ja -lähdöille
- ABB AI523 ja ABB AO523
 - Moduulit analogiatuloille ja -lähdöille

Jätelämpökattilan prosessiasema:

- ABB PM573
 - Prosessoriyksikkö 128 kb muistilla
- ABB DI524 ja DO524
 - Moduulit digitaalituloille ja -lähdöille
- ABB AI523 ja AO523
 - Moduulit analogiatuloille ja -lähdöille

5 VALVOMO

Operaattorin työpiste valvomossa sisältää tyypillisesti hiiren ja näppäimistön sekä useita näyttö-paneeleita, jotka muodostavat yhtenäisen työpöydän. Tyypillinen ikkunan sisältö on yksi näyttösiivu, joka esittää tietoa prosessin tilanteesta. Näyttösiivuilla esitetään tietoa graafisilla symboleilla, numeroilla teksteillä, käyrillä ja väreillä. Sivuilla voidaan kuvata staattista tietoa, kuten putkilinjoja ja säiliötä, sekä dynaamista eli muuttuvaa tietoa, kuten esimerkiksi mittaustietoa. Sivujen kautta myös ohjataan prosessia.

Jotta prosessia voidaan järjestelmässä valvoa ja ohjata, tarvitsee koneelle ohjelmistoja luomaan mainitut näytöt ja määrittelemään yhteydet. Savonialla automaation luomiseen on käytetty Automation Builderia ja logiikoiden ohjelmoimiseen Codesys-ohjelmointityökalua. Lisäksi käytönvalvontajärjestelmänä toimii ABB:n Symphony Plus Operations.

5.1 Control Builder Plus

Fyysinen hierarkia, laitetiedot ja tiedonsiirtotavat pitää olla selvillä, kun automaatiota rakennetaan tietokoneella. Puurakenteeksikin kutsuttava järjestys on aluksi tehty Savonialle ABB:n Control Builder Plus-ohjelmalla. Ohjelmistoversio on 2.3.0. Myöhemmin työn edetessä siirryttiin käyttämään Automation Builder 1.2, josta kerrotaan lisää selosteessa. Ohjelma toimii visuaalisena käyttöliittymänä, jolla tavallaan selitetään järjestelmälle millaisia laitteita käytetään ja mistä ne löytyvät. Laitteet nimitetään ennalta sovitulla tavalla ja niille asetetaan osoite laitoksen ohjausverkossa. Osoitteen avulla ohjelmat löytävät myöhemmin laitteen ilman, että niitä tarvitsee joka kerta etsiä uudestaan.

Logiikkojen asetukset ja kaikki tulot ja lähdöt voidaan kartoittaa ohjelmassa. Kartoituksella tarkoitetaan esimerkiksi jonkin lämpötilatiedon nimeämistä sen anturin mukaan mistä tieto alun perin tulee. Ohjelmoinnissa käytetään näitä nimiä muuttujina. Myös laadittu ohjausohjelmisto syötetään logiikoille tämän ohjelman avulla.

5.2 CodeSys ja ohjelmointi

Codesys on 3S-Smart Software Solutionsin kehittämä ohjelmointiympäristö automaatiolle.

PLC:n ohjelmointiin voidaan käyttää useita eri kieliä ja Savoniallakin käytetty Codesys-ohjelma osaa kaikkia viittä IEC 61131-3 avoimen standardin kieltä. (Codesys, 2016) Ohjelmassa luodaan logiikoille älyä, minkä avulla ne pystyvät tarvittaessa toimimaan automaattisesti. Toisin sanoen luodaan automaatiota. Lisäksi operaattorin ja prosessin tehokkuutta saadaan merkittävästi lisättyä luomalla mahdollisimman hyvä koodi. Ohjelmoija käyttää mitta- ja tilatietoja eli tulosuureita muuttujina ohjelmassa ja määrittää millä tavalla lähtö- eli ohjaussuureet ovat riippuvaisia tuloista. Esimerkiksi arinakattilan paineen säätö suoritetaan savukaasupuhaltimilla. Jos kattilan paine ylittää ohjelmassa määritetyn raja-arvon, niin puhallin nostaa kierrosnopeutta.

5.3 Käyttöliittymä

Luotettavassa valvomossa prosessin tulee olla aina hallinnassa ja operaattorien tietoisia sen tilasta. Automaatiojärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon inhimillisten virheiden mahdollisuudet ja keksittävä keinoja näiden vähentämiseen. Käyttöliittymän onkin oltava yksiselitteinen, jossa virhetulkintoja tai väärä ohjauksia ei pääse tapahtumaan. Ohjelman pitää pystyä tarkastamaan operaattorin tekemien muutosten järkevyyttä. Tarvittaessa ohjelma ilmoittaa tarjotun ohjauksen mahdolliset seuraukset ja pyytää vahvistusta toiminnon tekemiselle. Kriittisten toimintojen muutoksille on hyvä olla aina esillä sallitut rajat, joissa operaattori voi toimia. Eri operaattoreille voidaan esimerkiksi luoda järjestelmään omat käyttäjätunnukset, joilla valtuuksia rajoitetaan. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 264–265) Näin saadaan pidettyä huolta, ettei esimerkiksi uusi harjoittelija pääse vahingossa muuttelemaan mitään kriittisiä kokonaisuuksia.

5.3.1 Vaatimuksia käyttöliittymälle

Hyvä käyttöliittymä on selkeä ja helppo hahmottaa, vaikka näytölle olisikin sijoitettu paljon informaatiota. Aivot toimintamme jäsentää näyttösivun heti, kun silmä löytää sieltä sisältöä. Jäsentäminen noudattaa tiettyjä periaatteita, jotka suunnittelijan on hyvä tietää.

Katse käy näyttösivun läpi tietyssä järjestyksessä ja aivot koettavat löytää sieltä merkityksellisiä kokonaisuuksia. Katseen kulku noudattaa tekstin lukusuuntaa, eli länsimaissa ihmisillä vasemmalta ylhäältä oikealle alas. Jos näyttösivu on tarkoitettu tiettyyn tehtävään, sen tulisi esittää eri tehtävän vaiheissa tarvittavat elementit oikeassa järjestyksessä. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, s. 104.)

Prosessikaavionäytöllä esimerkiksi venttiilit, pumput ja lukuarvot kannattaa sijoittaa ja rajata samaan linjaan muiden kanssa, sillä selkeät suorat linjat auttavat katsetta järjestelemään eri kokonaisuuksia. Näyttösivu kannattaa lisäksi jaotella työn kannalta merkityksellisiin osiin. Lähellä toisiaan olevat kohteet hahmotetaan kuuluvan yhteen ja eri kokonaisuuksien väliin voi jättää tyhjää, vaikutelman vahvistamiseksi. Näin käyttäjä löytää ruudulta tarvittavat kohteet nopeasti ja tietää mitä niihin kuuluu. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 104–105.)

Värien käytössä kannattaa olla varovainen, sillä värit ovat vahva elementtien ryhmittely tai erottelutapa. Näyttösivua on helppo lukea jos värejä on käytetty vähän ja johdonmukaisesti ja ne ovat tyyliin hiltäviä. Rungas kirkkaiden värien käyttö tekee sivusta sekavan. Esimerkiksi erikoistilanteita korostetaan yleensä punaisella ja keltaisella ja ne erottuvat paremmin jos huomion saamisesta ei taistele useita eri värejä. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 104–106.)

Alla listataan sääntöjä mitä näyttöjen suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon.

Yhtenäisyys ja erottuvuus näyttösivun suunnittelussa:

- *Samaa tarkoittavat laitteet pitää esittää aina samalla tavalla*

- *Prosessiosien yhteydet pitää aina esittää samalla tavalla*
- *Samalla periaatteella toimivat dynaamiset tiedot pitää esittää aina samalla tavalla, ja niitä pitää operoida aina samalla periaatteella*
- *Näyttösivujen pitää olla yhdenmukaisia todellisuuden kanssa*
- *Tärkeän tiedon tulee erottua vähemmän tärkeästä*
- *Näyttösivujen tulee esittää prosessin tila siten, että poikkeava tila erottuu selkeästi normaalista tilasta.*
- *Prosessin tilan odottamaton muutos pitää tuoda selkeästi esille, vaikka se ei olisikaan aiheuttanut vielä hälytystä*
- *Muuttuvan symboli- ja tekstitiedon pitää erottua kiinteästä tiedosta*
- *Operoitavissa olevan tiedon pitää erottua muusta tiedosta*

(Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 108.)

5.3.2 Käyttöliittymäkonsepti

Konseptissa esitetään käyttöliittymien yksityiskohtaiset suunnittelusäännöt, joissa määritellään informaation koodaustavat, värien ja symbolien käyttö, operoinnit informaation kutsussa ja ohjauksessa jne. Lisäksi tunnistetaan kohdejärjestelmän tekniset rajoitukset ja mahdollisuudet. Esitellään kuvaus erilaisista näyttösivutyypeistä.

Erilaisia automaatiojärjestelmien näyttösivutyyppejä ovat esimerkiksi:

- *Prosessikaavionäyttö, jossa prosessin tilannetta kuvaavat tiedot sijoitettuna prosessin toiminnalliseen kaavioon. Valvomon perusnäyttösivu, jota käytetään prosessin tilanteen seuraamiseen sekä prosessin ohjaamiseen.*
- *Tehtävänäyttö, joka on suunniteltu tietyn tehtävän hoitamiseen. Käyttäjän ja prosessin välisen vuorovaikutuksen tarpeet määrävät sivun sisällön ja esitystavan. Mahdollistaa tietyn tehtävän tehokkaan suorittamisen sekä ohjausten vaikutusten seuraamisen.*
- *Automaatiikanäyttö, jossa automaation toiminta ja kytkennät, esim. lukitukset on kuvattuna operaattorin näkökulmasta. Näitä näyttösivuja tarvitaan, jos automaatiokytkentä on niin monimutkainen tai laaja, että sitä on vaikea kuvata prosessikaavionäyttösivuilla.*
- *Piirinäyttö, jossa on yhden säätöpiirin, mittauksen, laitteen jne. yksityiskohtaiset tiedot, kuten vikadiagnostiikkatiedot ja säätimen parametreja. Joissakin automaatiojärjestelmissä tämä on myös se näyttösivu, jonka kautta piiriä ohjataan.*

Muita näyttösivutyyppejä ovat esimerkiksi: trendinäyttö, toimintapistenäyttö, hälytyslista, tapahtumalista, raporttinäyttö, sekvenssinäyttö, reseptinäyttö, kunnonvalvontanäyttö ja diagnostiikanäyttö.

(Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 30.)

5.3.3 Hälytykset

Hälytys on automaatiojärjestelmän huomiofunktio, jolla operaattoreiden huomio kiinnitetään toimenpiteitä vaativaan prosessitapahtumaan, kuten uhkaavaan vaaraatilanteeseen tai tuotantohäiriöön. Prosessi siis ”pyytää” apua toimiakseen suunnitellulla tavalla. Hälytykset ovat olennainen osa poikkeustilanteiden hallintaa ja yksi kerros laitoksen turvallisuudessa. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 236.)

Normaalisti prosessisuureille määritellään kiinteät varoitus- ja hälytysrajat, mutta laitoksessa, jossa on lukuisia eri toimilaitteita, voi tämä johtaa ns. liialliseen hälytystulvaan. Hälytysten tulisi tukea operaattorin tehtäviä eri tilanteissa, joten hälytysjärjestelmän suunnitteluun kannattaa käyttää aikaa. Huonosti suunniteltu hälytysjärjestelmä hankaloittaa operaattorin työtä. ”Turhien hälytysten vähentämisen tulee perustua niiden muodostumisen estämiseen mieluummin kuin turhan informaation näkymisen estämiseen käyttöliittymässä. Sopivia keinoja ovat mm. signaalien suodatus, kuollut alue, viiveet ja estologiikat.” (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 243- 247.)

Hälytykset tulee ryhmitellä ja priorisoida. Ryhmittelyn perusteella nähdään missä osassa prosessia hälytykset ovat ja priorisoimalla hälytykset operaattori näkee helpommin tärkeimmät hälytykset. Priorisointiin käytetään eri värejä. Suomessa punainen väri edustaa korkeinta prioriteettia ja keltainen yleensä varoitusta. Visuaalisesti hälytyksien esittämistä voidaan tehostaa, vaikka välkkyvällä laitesymbolilla. Näissä tapauksissa kuitenkin vain symboli saa välkkyä ja tekstin pitää olla helposti luettavissa. Hälytyksiin voidaan tarvittaessa käyttää myös äänimerkkejä. Erilaisia äänimerkkejä ei valvomossa kuitenkaan saa olla enempää kuin seitsemän ja turvallisuuteen liittyvät äänimerkit tulee erottua joukosta. Hälytyslistalta tulee aina päästä häiriöön liittyvään kaavionäyttöön tai toimintaohjeeseen. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2011, s. 247- 249.)

6 SYMPHONY PLUS

Symphony plus (S+) on ABB:n kehittämä valvomojärjestelmä esimerkiksi energiaa tuottaville erikoisille laitoksille. Järjestelmä on joustava ja tukee saumattomasti esimerkiksi erilaisten kenttälaitteiden, automaatiojärjestelmien tai SCADA-ratkaisujen liittämistä järjestelmään. Symphonya mainostetaan yksinkertaisena, laajennettavana, saumattomana ja turvallisena automaatiojärjestelmänä, jolla voidaan koko laitosta hallita yhdestä paikasta. (ABB Symphony Plus, 2016) (ABB_June2013, 2016.)

Symphony plus (S+) voidaan toiminnaltaan jakaa kahteen suurempaan kokonaisuuteen: Engineering ja Operations. Engineeringin mukana tulee työkaluja kuten Composer, jolla tietokoneille määritellään esimerkiksi järjestelmän käyttämä arkkitehtuuri. Tämä toimii siis järjestelmän asennustyökaluna ja laatii ympäristön Operations:n toiminnalle. Opinnäytteen aikana Engineering työkaluja ei kuitenkaan käytetty ja keskittyminen oli lähinnä operaattorin käyttämissä Operations-ohjelmissa.

Opinnäytetyön tekemiseen on käytetty vain hyvin pientä osaa koko ohjelmiston osista ja ominaisuuksista. Työssä esitellään tarkemmin vain käytettyjä työkaluja ja loppuja toimintoja vain sivutaan.

6.1 Operations

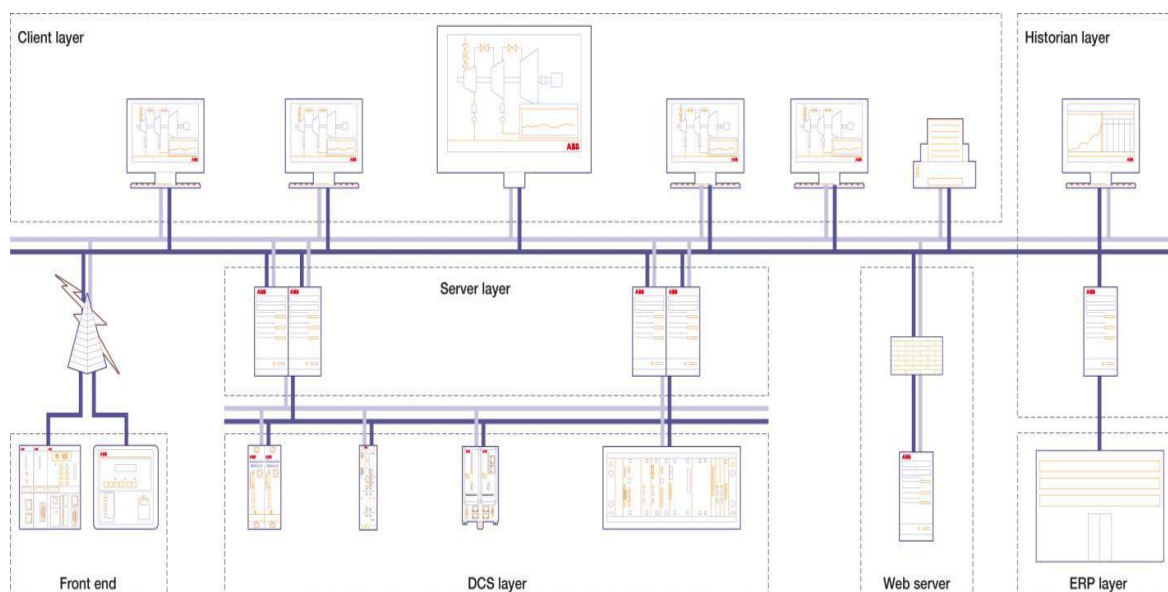
Symphony Plus Operations (SpO) antaa operaattorille työkalut koko laitoksen toiminnan seuraamiseen ja ohjaamiseen. Ohjelmaan luodaan graafisia näyttöikkunoita, joista voidaan reaaliaikaisesti seurata eri järjestelmän osien toimintaa. Samassa järjestelmässä voidaan käsitellä esimerkiksi laitoksen hälytyksiä, tallentaa historiadataa, näyttää dataa trendinä, luoda huoltosuunnitelmaa ja optimoida laitoksen toimintaa. Operations client toimii laitoksen automaation graafisena käyttöliittymänä. (ABB Symphony Plus S+ Operations, 2016.)

6.2 Arkkitehtuuri

SpO-järjestelmät käyttävät asiakas-palvelin (client-server) arkkitehtuuria. Käytännössä SpO on täysin palvelin pohjainen järjestelmä, jossa jokaiselle palvelimelle on olemassa oma asiakaskone. Palvelin tarkoittaa ohjelmistoa tai ohjelmistoa suorittavaa tietokonetta, jonka tehtävä on tarjota palveluja muille ohjelmille. Asiakas on sovellus tai tietokone, joka käyttää palvelinta hyväkseen toiminnassaan. Arkkitehtuurin luomisen suhteen järjestelmä on joustava ja muokkauksia voidaan tehdä melkein milloin vain muutoksia tarvitaan.

Erot yleensä nimetään palvelinten toiminnan ja sijainnin mukaan. Sellaiset arkkitehtuurit, joissa palvelin toimii samassa tietokoneessa asiakkaan kanssa, sanotaan serverittömäksi arkkitehtuuriksi. Palvelin pohjaisissa järjestelmissä taas on aina erikseen tietylle toiminnalle pyhitetty palvelinkone (dedicated server). (Operations User Guide, 2014, s. 14- 15.)

SpO on toiminnassaan täysin riippuvainen SpO-serveristä. Serverillä on kaksi päätehtävää. Ensimmäiseksi se on pääyhdyskäytävä SpO-ohjausjärjestelmän ja laitoksen säätöjärjestelmän tiedonsiirron välillä, ja toiseksi se on säilytyspaikka tietokannoille, jotka sisältävät esimerkiksi tagit, trendit ja hälytystiedot. (Operations User Guide, 2014, s. 15.)



Kuva 5. Esimerkki eräästä arkkitehtuurimallista (Operation System Configuration Guide, 2014, s. 19.)

Kuvassa 5 server layer kerää talteen kaikki laitoksen datan joita useat järjestelmään liitetyt työasemat eli clientit voivat käsitellä. Historian-layer tallentaa esimerkiksi trendidataa eri muodoissa myöhempiä analyysia varten. Webserverin avulla toimintaa voidaan seurata etänä, sekä lähettää dataa.

6.3 Display Builder

Display Builder on Symphony:n ohjelma, jolla rakennetaan ja muokataan operaattorin seuraamia graafisia näyttöjä. Grafiikalla havainnollistetaan operaattorille mitä komponentteja prosessista löytyy ja se antaa kuvan prosessin etenemisestä. Venttiilien, pumppujen yms. kuvaamiseen voidaan käyttää valmiita prosessikaavioistakin tuttuja piirrosmerkkejä ja symboleja. Ohjelman kirjastoista löytyy kattava kokoelma valmiiksi konfiguroituja, yleisimmin käytettyjä laitteita. Ohjelmassa on kuitenkin myös piirtotyökalut, joilla kaiken voi tehdä itse.

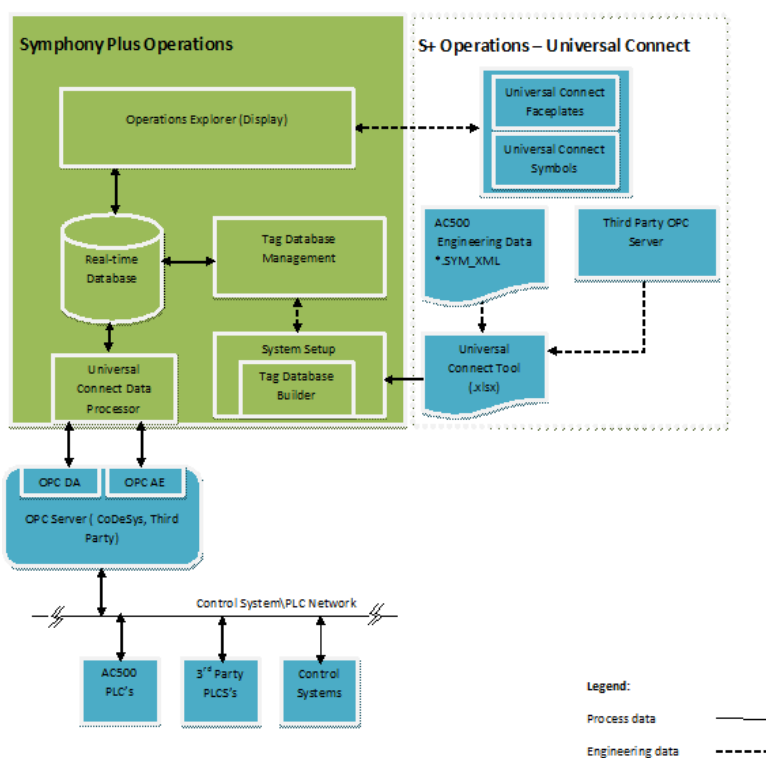
Piirtämisen ja hahmottelun lisäksi ohjelman toinen tärkeä elementti on yhdistää toimintosihteerit oikeisiin laitteisiin. Esimerkiksi, jos halutaan näyttöä seurata lämmivesivaraajan lämpötilaa, näytön tai ikkunan (display) suunnittelija sijoittaa näyttölle kuvan varaajasta ja viereen ruudun, johon lämpötilan arvo tulee esille. Tuohon ruutuun ei saada lämpötilaa ilman, että oikean mittausanturin tulo linkitetään siihen. Linkitys tapahtuu ohjelmassa käyttämällä tageja eli tunnistetta. Näyttöä voidaan testata preview-toiminnolla testiympäristössä tai lähettää sen suoraan aktiiviseen ohjelmaan. Operaattori tarvitsee tehtävässään yleensä monia erilaisia näyttöjä, riippuen prosessin laajuudesta. Näyttöjä on helppo lisätä tai muokata ilman, että koko prosessia tarvitsee keskeyttää. (Display Builder User Guide, 2014.) Display Builderin ja tagien toimintaa käsitellään tarkemmin työselosteessa.

6.4 Universal Connect Tool

Universal Connect Tool tarjoaa yhteyden SpO:n ja PLC:n välille. Yhteydessä käytetään hyväksi OPC DA ja AE -rajapintoja. Ohjelma on Microsoft Excel taulukkotyökalussa toimiva ohjelma, joten Excel pitää olla koneelle asennettuna. Työkalulla otetaan ensin yhteys signaaleihin, jotka ovat yhteydessä

logiikoiden OPC-servereihin. Yhteyden muodostuttua taulukkoon saadaan lista kaikista serveriltä löytyivistä laitteista ja tiedoista. Käyttäjä voi halutessaan nimetä tai järjestellä näitä. Tämän jälkeen luodaan tiedoista S+ database eli tietokanta, joka tallennetaan Symphonyn käytettäväksi. Tietokannan luontiin tarvitaan vielä esimerkiksi System Setup ohjelmaa. Universal Connect tuo Symphonyyn mukanaan valmiita ohjausnäyttöjä (faceplate) ja symboleista, joita valvomonäyttöjen tekijä voi hyödyntää työssään. Nämä ovat käteviä valmiskappaleita, joita operaattori voi halutessaan myös muokata. Näitä ei ole kuitenkaan pakollista käyttää. (Universal Connect Guide, 2014.)

Kuvassa 6 esitellään Symphonyn eri osien ja Universal Connectin yhteistyötä.



Kuva 6. S+ ja Universal Connect (Universal Connect Guide, 2014.)

Universal Connect tarvitsee toimiakseen .SYM_XML datatiedoston, joka sisältää projektin muuttujatiedot. Ennen kuin tämä tiedosto saadaan tulostettua, tarvitaan OPC server välittämään tietoa logiikalta. OPC server taas tarvitsee yhteyden muodostamiseen projektilta .SDB symbolitiedoston. Kumpikin tiedostoista saadaan käyttämällä CodeSys-ohjelmaa.

6.5 OPC

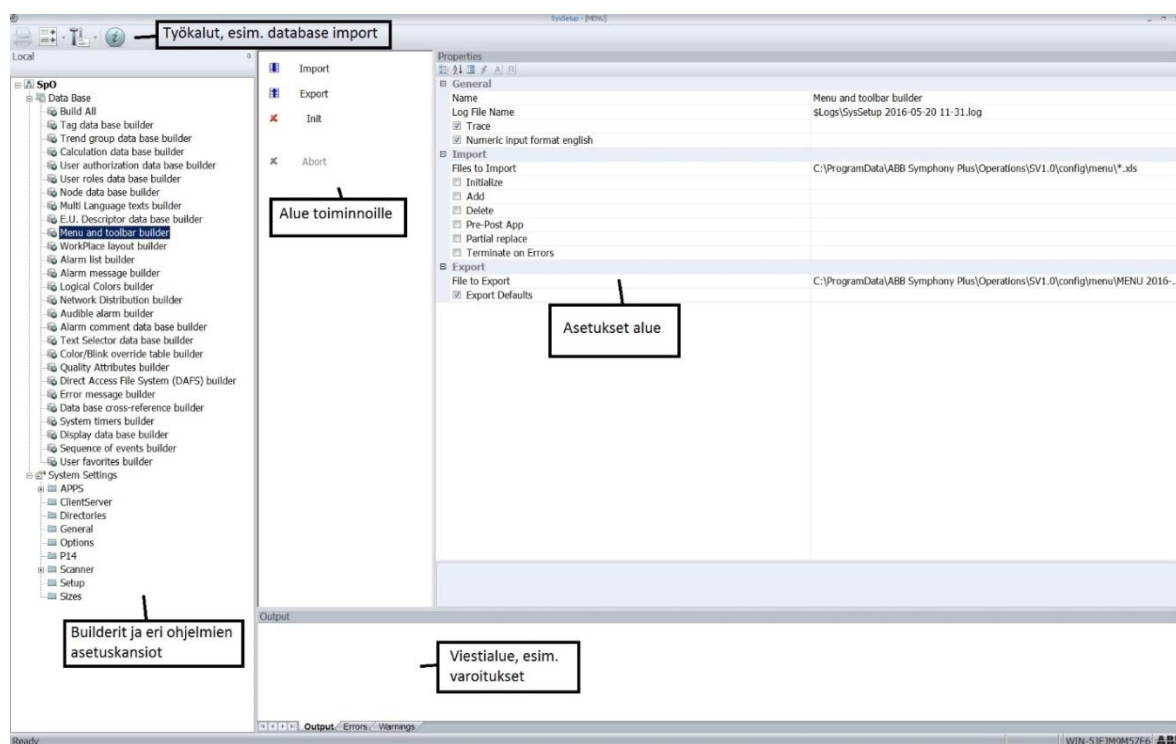
OPC Foundationin ylläpitämät OPC-rajapintamäärittelykset eivät ole standardeja sanan varsinaisessa merkityksessä. Ne ovat kuitenkin käytännön projektitoiminnan kannalta standardin asemassa, koska kaikki automaatiotuotteet ja useimmat simulointituotteet tukevat niitä. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 226- 227.)

OPC-standardista suosituin on Data Access (DA). Se määrittelee rajapinnat, jotka tarvitaan palvelimella olevan tiedon selaamiseen, lukemiseen ja kirjoittamiseen. Lisäksi OPC määrittelyyn kuuluu mm. Alarms and Events hälytysten ja tapahtumien käsittelyyn sekä Historical Data Access aikasarjatiedon käsittelyyn. Se, mitä kukin tieto tarkoittaa, on näiden määrittelysten ulkopuolella. (Voimalaitosautomaatio, 2015, s. 226-227.)

6.6 System setup

System setup on Symphony järjestelmän asennustyökalu. Se toimii tavallaan käyttöliittymänä, jossa voidaan näppärästi käsitellä Symphonyn Windows -rekisteriasetuksia. Ohjelmasta nähdään jokaisen SpO:n ohjelman asetukset, joita on mahdollista muuttaa. Muutoksia eri ohjelmien toimintaan voidaan tehdä esimerkiksi MS Excel -pohjaisina ja tuoda tallennettu tiedosto System Setupin import-toiminnalla ohjelmaan. System Setup kirjaa muutokset järjestelmän rekisteriin. Ohjelmasta voidaan myös lähettää eri tietokantojen asennustietoja XLS -muodossa, joita käyttäjä voi muokata ja tarvittaessa lähettää muokatut tiedot takaisin. Asetustiedostoja voidaan hyödyntää muiden valvomokoneiden asennuksia määrittäessä. Erilaisia asetustiedostoja ja tietokantoja, ovat esimerkiksi tagitietokanta, trendijoukot, värit, sekä käyttäjäroolit ja oikeudet. Jotta Symphony Plus-järjestelmä voi toimia oikein, järjestelmän asennusohjelmassa pitää olla "Build All" suoritettuna, eli kaikki tietokannat luotu järjestelmän käyttöön. System Setup käyttöä esitellään Operation System Configuration Guidessa sivulta 142 eteenpäin.

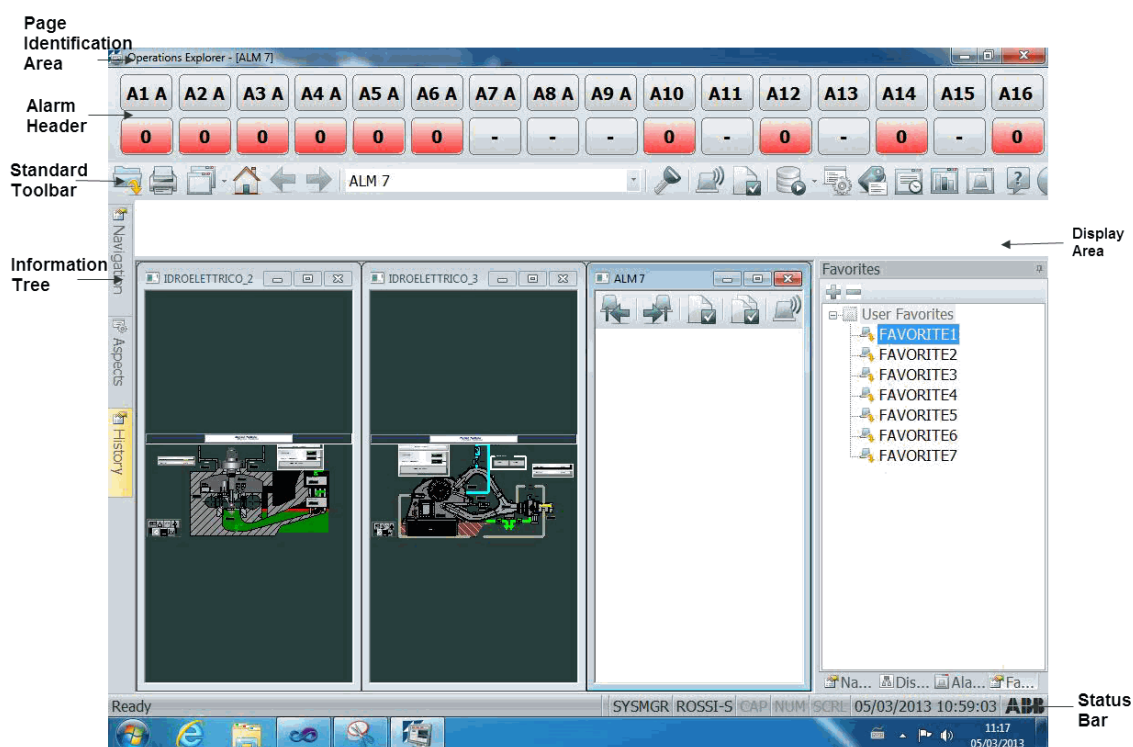
Kuvassa 7 on avoinna System Setup. Siinä on esitelty ohjelman ikkunan eri alueet.



Kuva 7. System setup

6.7 Operator workplace

Operaattorin työasema on Operations Explorer. Se on ohjelma johon eri näytöt, hälytykset yms. tiedot ja toiminnot tuodaan käyttäjän valvottavaksi. Alla olevassa kuva 8 on Operations User Guiden sivulta 24 lainattu esimerkkikuva työasemasta, koska Savonian energiantutkimuslaitoksen järjestelmän omaa ei ole saatu vielä avattua.



Kuva 8. Operations Explorer (Operations User Guide, 2014, s. 24.)

Näytölle voidaan avata samanaikaisesti useita operaattorin tahtomia, erinäköisiä ja kokoisia ikkunoita. Kuvassa ylärivistölle on sijoitettu hälytysryhmät ja sen alapuolella näkyvät numerot osoittavat ryhmässä olevien aktiivisten hälytysten määrää. Työaseman työkalujen avulla operaattori pääsee käsiksi suoraan laitoksen eri dokumentteihin, diagnostiikkaan, hälytyksiin, tapahtumiin, tietokantoihin jne. Näytöt ja erilaiset dokumentit pitää olla ensin luotu ja tallennettu järjestelmän käytettäväksi. Näitä on kuitenkin helppo luoda ja päivittää ohjelmaan.

Työaseman näkymää voidaan muokata aukaisemalla Idbase, sieltä Workplace Layout ja tämän jälkeen muuttelemalla löytyneitä asetuksia. Tarkempia muutoksia esimerkiksi hälytyksille ja työkalupalkeille tehdään erilaisissa .xml-muotoisissa tiedostoissa ja tämän jälkeen tallentamalla ne System Setupin. Tarkat ohjeet muokkaukseen löytyvät Operations User Guiden sivulta 20 eteenpäin.

7 TYÖSELOSTUS

7.1 Alustus

Opinnäytetyöprosessin aikana piti tutustua Symphony Plus Operations, Automation Builder ja CodeSys ohjelmien käyttöön. Lähtötaso näiden käyttöön oli nolla. Lisäksi käytännön kokemusta automaatioasennuksista, sekä AC500 sarjan ohjelmoitavista logiikoista ei ollut. Koulutusta ei ollut saatavilla, joten oppiminen tapahtui eri manuaalien avulla.

Näyttöjä laitoksen käyttöliittymään luotiin Display Builder-ohjelmalla ja työselostuksessa on esitelty Display Builderin ominaisuuksia ja vinkkejä sen käyttöön. ABB:n käyttömanuaaleja ei ole ollut tarkoitus kirjoittaa uudestaan, joten sisällön taso on rajattu omiin kokemuksiin. Manuaalia on kuitenkin käytetty apuna ja sieltä on lainattu pari valmista kuvaa ja taulukkoa, joita pidettiin työssä hyödyllisinä.

Selostuksessa esitellään erilaisia piirrettyjä symboleja ja Universal Connectin tuomia valmiita malleja. Työn aikana hahmoteltiin yksi prosessikaavionäyttö ja tehtiin ehdotuksia näyttöjen yhteiseksi teemaksi. Symbolien ja näyttöjen testaus ei kuitenkaan ollut opinnäytetyön aikana käytettävissä, joten ehdotelmien pätevyys on vielä avoinna. Selosteesta ja myöhemmin suosituksista löytyykin vinkkejä mitä jatkossa kannattaisi tehdä.

Alkuperäinen opinnäytetyön tavoite oli suunnitella näyttöjä suoraan toimivassa ympäristössä. Savonian Energiantutkimuskeskuksen pääautomaatiojärjestelmä ei kuitenkaan opinnäytetyön aikana toiminut kunnolla. Näitä ongelmia on jouduttu ratkomaan ja selosteessa esitellään niitä lyhyesti. Lisäksi selosteessa on esitelty suosituksia jatkotoimenpiteille.

7.2 Display Builderin käyttö

7.2.1 Peruseräatteen

Näytöt jaetaan lähde- (muokattava) ja käyttöversioon. Lähdeversiot ovat muokattavia versioita järjestelmän käytössä olevista. Add to System -painike lisää näytön järjestelmään.

Kun Display builder avataan, avautuvan näytön voi jakaa neljään osaan. Ylälaidassa on työkalupalkit ja vasemmassa laidassa object list, eli lista näytölle piirretyistä kappaleista. Listassa on jo valmiiksi Rectangle, joka tarkoittaa näytöllä näkyvää suorakaiteen muotoista aluetta (header). Tätä ei kannata poistaa sillä se rajaa sivulta tallennettavat tiedot. Kaikki sen ulkopuolella oleva ei tallennu. Sivun oikeassa laidassa on asetukset, josta voi erikseen muuttaa valitun kappaleen graafisia ja dynaamisia asetuksia. Lisäksi valittavissa ovat myös näytön perusasetukset, kuten käytettävät värit ja aputyökalut.

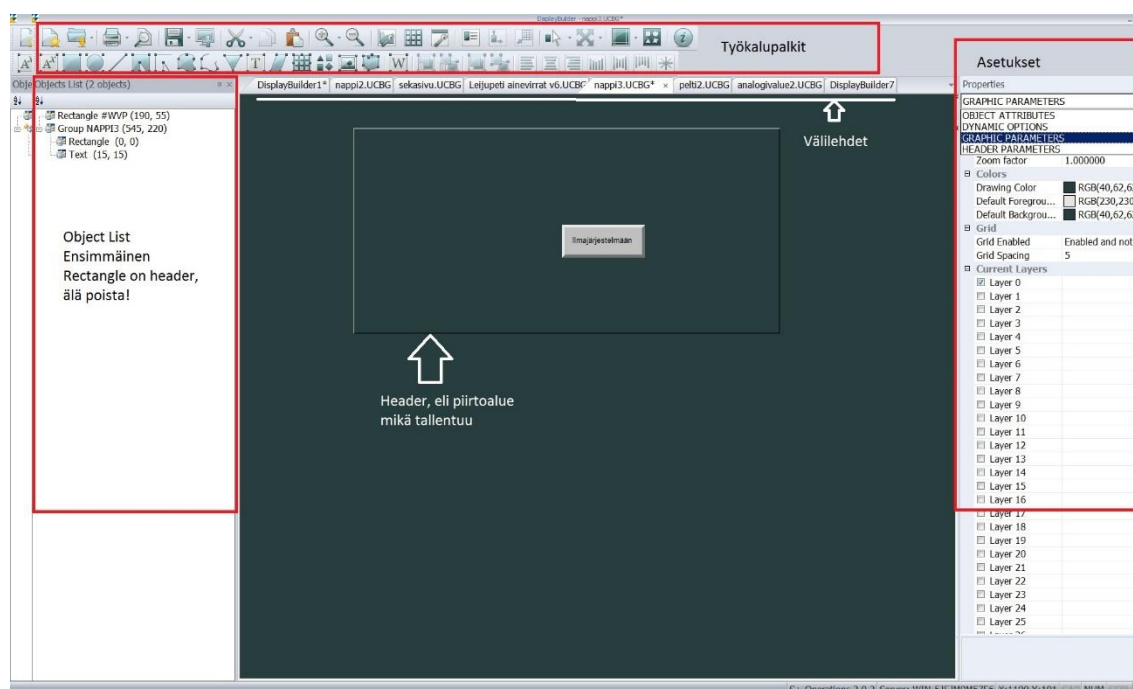
Käyttäjän on ymmärrettävä näyttöjen (display) ja kappaleiden (symbol) erot. Molempia luodaan samannäköisellä sivulla, ainoa ero on header-valikossa oleva asetus. Siellä valitaan, onko aktiivisena oleva ikkuna symboli vai näyttö. Symbolit ovat erikseen luotavia kappaleita, kuten venttiilit yms. joita

lisätään näyttöön. Yhdellä näytöllä voidaan esimerkiksi hahmotella kokonaisuutta, toisella rakentaa kappaleita ja kolmatta käyttää versiona mikä tallennetaan ja lähetään järjestelmään. Ohjelmassa yleensä onkin useita eri välilehtiä auki, joissa eri kappaleita muokataan yhdelle näytölle kasattavaksi.

Symbolit jaetaan staattisiksi ja dynaamisiksi. Staattiset ovat kappaleita, joille ei ole määritetty omia dynaamisia ominaisuuksia. Näitä ovat yleensä suuremmat kappaleet, kuten säiliöt, tankit ja putket. Dynaamisia symboleita ovat kappaleita, joille on lisätty jokin tehtävä. Tehtävä voi olla esimerkiksi värin tai asennon vaihtuminen.

Dynaamisten kappaleiden piirtäminen aloitetaan aina piirtämällä ensin staattinen kappale, jolle lisätään jokin dynaamisuus. Yksi symboli voi olla myös joukko kappaleita, jotka on vain ryhmitetty yhdeksi kokonaisuudeksi. Ohjelman piirtotyökalut ovat tavallaan hyvin alkeelliset, joten tarkkojen kappaleiden luomiseen tarvitaan luovuutta.

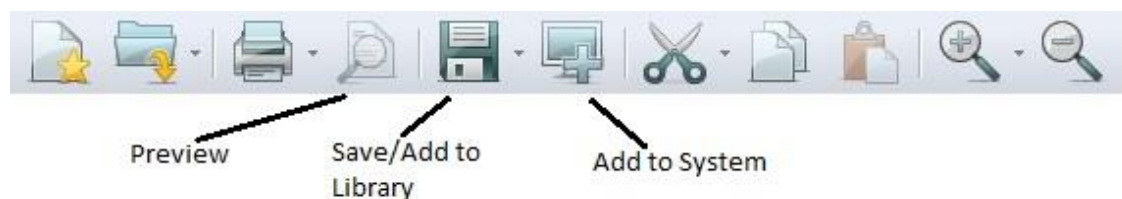
Dynaamisen ominaisuuden valinta riippuu symbolin käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi tekstikenttä, jonka halutaan osoittavan jotain tiettyä mitta-arvoa, on dynaaminen objekti. Käyttötehtävän määrittelyssä muutetaan erilaisia asetuksia, joita esitellään myöhemmin tässä selosteessa. Lisäksi toimintaan on lisättävä kappaleeseen tag, eli tunniste, joka toimii datamuuttujana. Esimerkiksi tekstikenttään voidaan lisätä muuttujaksi jokin analoginen mittasignaali. Venttiilille, joka muuttaa väriä sen auki tai kiinni -asennon mukaan, lisätään digitaalinen tag. Symboli on tavallaan vain objekti, joka kuvastaa tagin toimintaa mahdollisimman hyvin. Yhteen symboliin tarvitsee monesti lisätä useita eri tageja, jotta se voi toimia suunnitellulla tavalla. Tällainen on esimerkiksi säätölaite, joka on yhdistettävä mittaustietoon ja säädettävään laitteeseen. Tarkempia ohjauksia varten symboleihin lisätään faceplateja eli ohjausnäyttöjä. Näistä kerrotaan lisää selosteessa.



Kuva 9. Display Builder yleiskuva

7.2.2 Työkalut

Alla esitellään useimmiten käytettäviä Display Builderin työkaluja. Kaikkia ei selitetä, koska toiminta on joko itseselitteinen tai sen rooli ei ole ollut työssä vielä merkittävä.



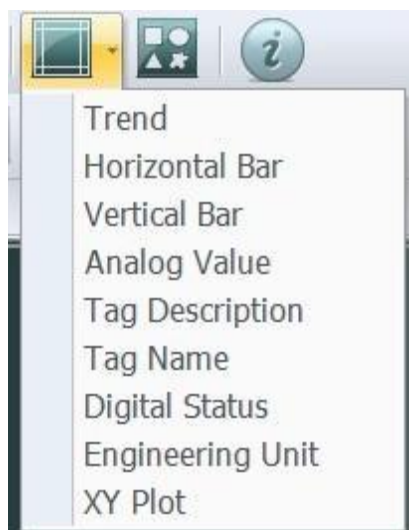
Kuva 10. Display Builder tools osa 1

- Preview-napilla testataan sivua ajossa. Eli voidaan testata esimerkiksi venttiilien dynaamista toimintaa yms. ilman, että Operations Explorer pitää käynnistää ja korvata siellä jo olevaa dataa. Preview ei kuitenkaan voi toimia kunnolla jos S+ server -ohjelmistolla ei ole livedataa saatavilla joko simuloitusti tai oikeilta I/O -logiikoilta.
- Save on normaali tallennustoiminto, mutta sen alla on Add to Library -toiminto, joka tallentaa luodun objektin paikalliseen kirjastoon, eli local libraryyn. Jos System Setupissa Display builderin oletuskäyttäjäksi ei ole määritetty SYSMGR, niin Add to Library -toiminto ei ole käytettävissä.
- Add to System lähettää näytön Operation Explorerin järjestelmään, eli liveohjelmaan. Näyttö pitää tallentaa ennen kuin sen voi lisätä järjestelmään.



Kuva 11. Display Builder tools osa 2

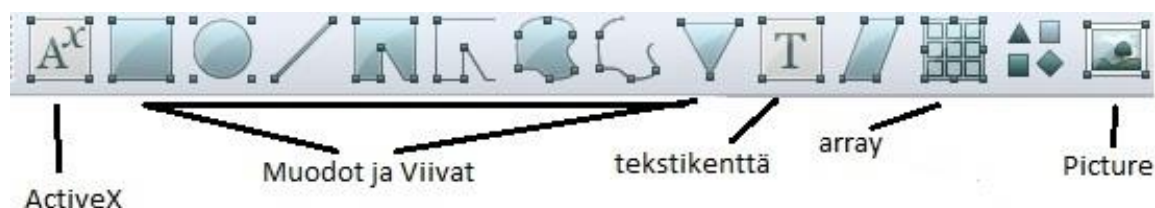
- Grid luo näytölle ruudukon, josta ruutuväliä voidaan muuttaa. Ruudukon ollessa päällä, suorien piirtäminen helpottuu, sillä viivan pää hakeutuu automaattisesti ruutujen kulmiin. Ruudukon voi asettaa tilaan, jossa se on poissa näkyviltä, mutta "apuviivat" toimivat edelleen.
- Header-valikossa määritetään sivun tyyppi, eli esimerkiksi onko kyseessä symboli vai näyttö. Tätä työkalua käytetään käytännössä joka kerta, kun avataan uusi työ.
- Template sisältää seuraavassa kuvassa 12 näkyvät esiasetetut symbolit.



Kuva 12. Template

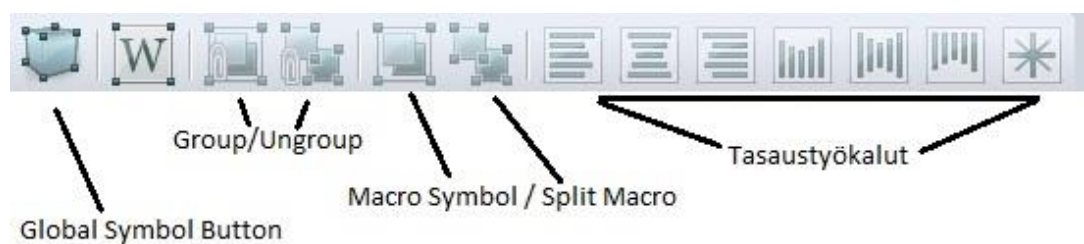
Esimerkiksi jos halutaan näytölle lisätä nopeasti analoginen mittaustieto, niin valitaan analog value ja clickataan näytölle. Ohjelma kysyy heti tagia ja oikea tagi kun löytyy, niin symbol on valmis. Tämän ominaisuuksia voi vielä vapaasti muokkailla.

- Symbol Library-napilla saadaan yhteys ennalta määrättyyn kirjastoon, josta voidaan kopioida valmiita symboleita muokattavaksi. Sieltä löytyy esimerkiksi erilaisia säiliöitä.



Kuva 13. Display Builder tools osa 3

- ActiveX-työkalulla voidaan lisätä näyttöön kolmannen osapuolen komponentteja, kuten esimerkiksi Word, Excel, Adobe ja Vision dokumentteja.
- Työkaluista löytyy perinteiset muoto- ja viivatyökalut, joita käytetään käytännössä kaikessa.
- Näytölle voidaan lisätä perinteisiä tekstikenttiä käyttämällä text -painiketta. Lisäämällä tekstikenttään dynaamisuuden, voidaan se määrittää esittämään esimerkiksi mitta-arvoa.
- Array -työkalulla saadaan näytölle taulukko.
- Picture -työkalulla saadaan näytölle lisättyä .GIF .JPG .JPEG .ICO -muodoissa kuvia. Kuvista-kin voidaan luoda esimerkiksi dynaamisia objekteja.



Kuva 14. Display Builder tools osa 4

- Global Symbol Button aukaisee kirjaston, josta voi lisätä Global Symboleita, joko valmiita tai omia tallenteita.
- Group/Ungroup-toimintaa käytetään eri kappaleiden ryhmittämiseen ja sen purkamiseen. Samassa ryhmässä olevat eri kappaleet ovat yhtä objektia ja ryhmälle voidaan antaa yhteinen nimi. Ryhmän graafisia mittoja muutellessa kaikki skaalautuvat samalla tavalla, eli mittasuhteet pysyvät ennallaan.
- Macro Symbol-painiketta painamalla saadaan valitun ryhmän kaikille dynaamisille objekteille tiedot yhdellä tagilla.
- Tasaustyökaluilla saadaan järjestettyä esimerkiksi kaikki venttiilit yhteen riviin.

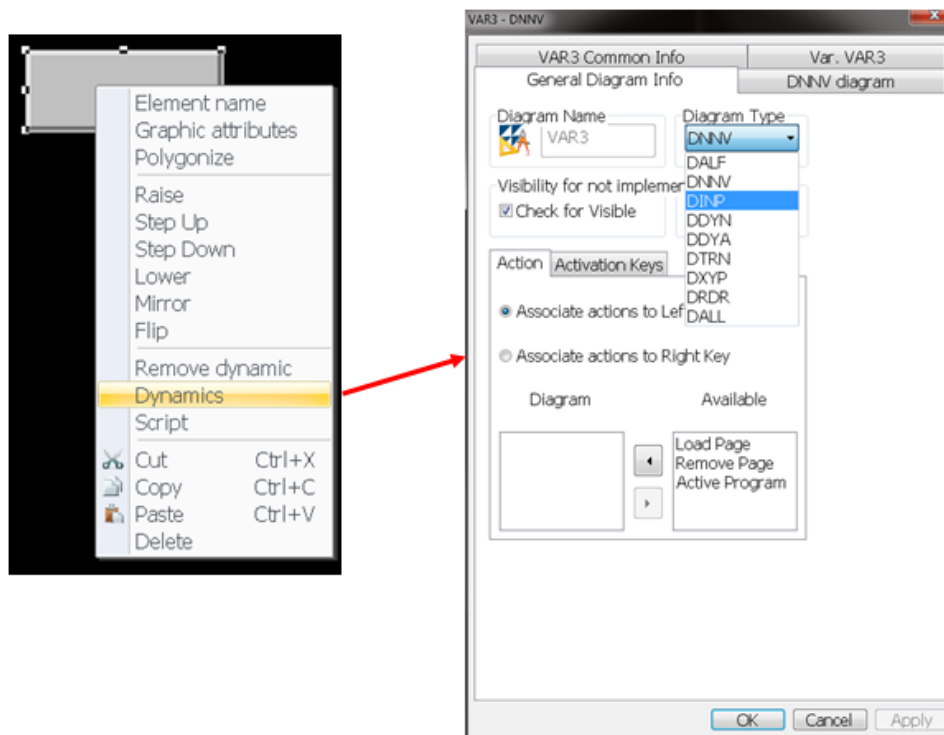
7.2.3 Painonappi

Painonapin tekeminen aloitetaan piirtämällä ensin staattinen kappale. Esimerkissä on piirretty normaali suorakaide, joka on täytetty harmaalla värillä. Kolmiulotteisuuden tuntua napille saa lisäämällä varjostukset. Käsiteltävän objektin muutokset voi tehdä builderin oikeassa laidassa olevassa object attributes valikossa. Jos napille haluaa esittää selityksen, niin sen päälle pitää tehdä tekstikenttä, johon kirjataan haluttu teksti. Tekstin voi kuitenkin kirjoittaa myös myöhemmin, kun luotu symboli lisätään jollekin sivulle. Jotta suorakaide ja teksti ovat varmasti yhdessä, pitää kumpikin olla valittuna ja painaa builderin ylälaidassa olevaa group painiketta. Nyt nämä kappaleet pysyvät aina yhdessä. Ryhmittäminen ei ole kuitenkaan pakollista. Kun symbolin tallentaa järjestelmään, eri elementtien sijainnit jäävät muistiin. Näytöllä, johon symboli lisätään, symbolin eri elementit pysyvät yhtenä kokonaisuutena.



Kuva 15. Staattinen nappi

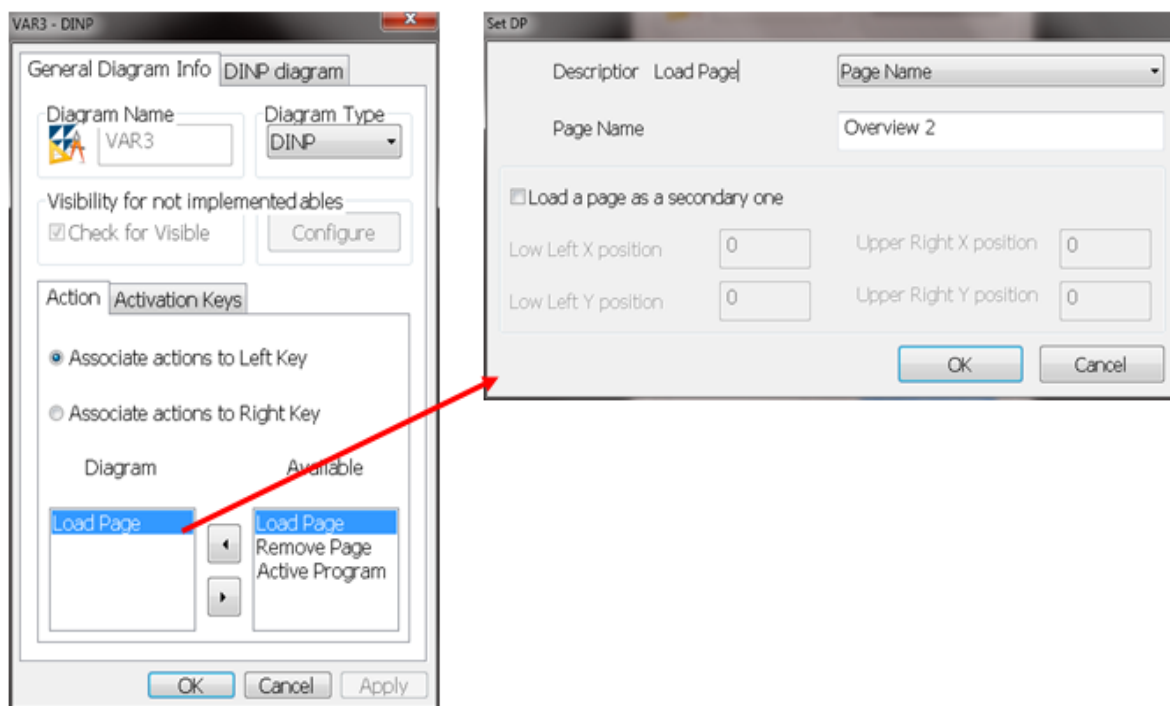
Tässä vaiheessa nappi on vasta staattinen objekti, joka ei tee mitään. Toiminnan lisääminen objektille tapahtuu painamalla kappaletta hiiren oikealla painikkeella ja valitsemalla Transform to Dynamic. Ensimmäisenä ohjelma kysyy objektin nimeä. Napin voi nimetä tässä tai jättää oletusarvon VAR(numero). On suositeltavaa kuitenkin käyttää eri elementeillä nimiä, joka kuvaavat niitä hyvin. Samassa symbolissa voidaan käyttää useita eri elementtejä ja joskus niille kaikille tarvitaan oma nimi.



Kuva 16. Dynamics

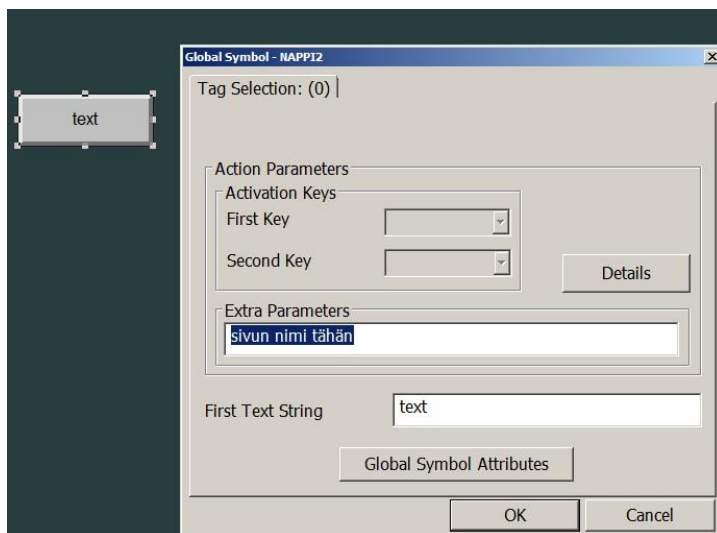
Nimeämisen jälkeen painetaan objektia uudestaan hiiren oikealla ja valitaan Dynamics. Avautuneessa ikkunassa, kuvassa 16. on Diagram Type -alasvetovalikko josta valitaan DINP, eli input diagram. Tätä vaihtoehtoa käytetään esimerkiksi, kun toiminnolla halutaan avata näyttöjä tai suorittaa ohjelma. Käyttämällä DINP voidaan määrittää myös faceplaten eli ohjausnäytön avautuminen hiiren painalluksella. Myöhemmin tämän opinnäytteen sivuilla esitetty taulukko 2. selittää mitä muut vaihtoehdot tarkoittavat.

Tämän esimerkinäpin käyttötarkoitus on kuitenkin tietyn prosessinäytön avaaminen. Kuvassa 17 nähtävistä vaihtoehdoista valitaan Load Page ja siirretään se nuolta painamalla Diagram-ruutuun. Nyt näytölle hyppää ikkuna, joka kysyy avattavan sivun nimeä.



Kuva 17. Load Page

Avattavaksi näytöksi kirjoitetaan esimerkiksi Ilmajärjestelmä. Sivun nimi voidaan myös jättää vielä tyhjäksi ja lisätä se siinä vaiheessa, kun symboli lisätään osaksi jotain näyttöä. Kuva 18 havainnollistaa tuon. Myös tekstikentän teksti voi kirjata nyt.



Kuva 18. Napin lisääminen näytölle

Nimen pitää kuitenkin olla aina sama kuin avattavan prosessinäytön display-nimi on. Näyttö pitää myös olla tallennettuna järjestelmään ennen kuin se voi avautua. Jos "Load a page as secondary one" on valittuna, avaa nappi tuon näytön uuteen ikkunaan. Alasvetovalikko, jossa "Page Name" on valittuna, voidaan valita esimerkiksi myös Page Previous, jolloin napin painalluksella päästään edelliselle sivulle, jossa on vierailtu. Sivujen selailuun voidaankin luoda jokaiselle sivulle esimerkiksi napit, joilla siirrytään sivujoukossa eteen- ja taaksepäin. Selailuun voidaan myös määrittää tietty järjestys.

7.2.4 Tallennus

Näyttöjen tallennus tapahtuu Symphonyn kansioissa oletuksena C:/Programdata/... /display/work kansioon. Kansioon tallentuu aina yhdestä työstä useita eri päätteisiä tiedostoja. Symboleille kannattaa tehdä vielä oma kansionsa, jotta ne erottuvat näyttösivuista. Kun työtä pääsee oikeasti tekemään, tallenteet kannattaa nimetä ja arkistoida selkeästi. Symboleille kannattaa esimerkiksi lisätä nimen alkuun tunniste, jolla ne löytää symbolikirjastoista nopeasti. Taulukossa 1 nähdään, että mikä käytännön merkitys tallenteiden päätteillä on.

Taulukko 1. Extensions (Display Builder User Guide, 2014, s. 57.)

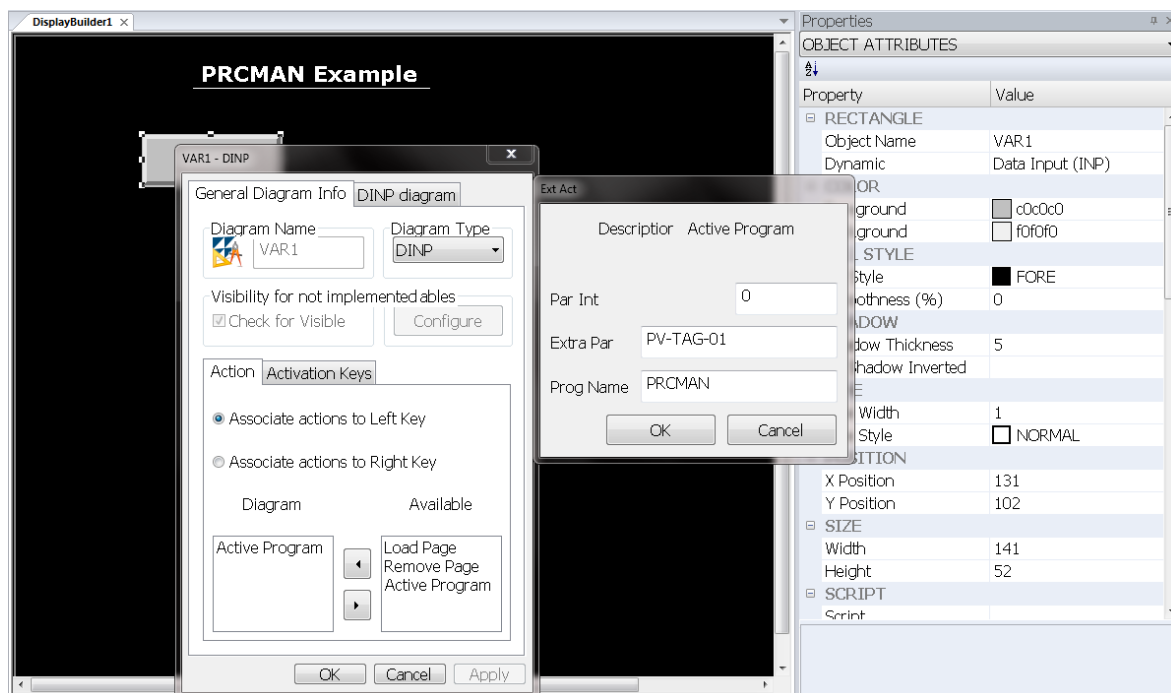
Extension	Purpose
.UCBG	Defines each graphic portion and defines the scripts.
.UCBP	Defines Header information.
.UCBD	Defines information related to diagrams
.UCBV	Defines information related to variables
.UCBX	Information related to the ActiveX objects.
	Note: This file is present only, if ActiveX objects are included in the Graphic Display.

Display Builderilla muokkausta varten avattavan tiedoston päätte on .UCBG

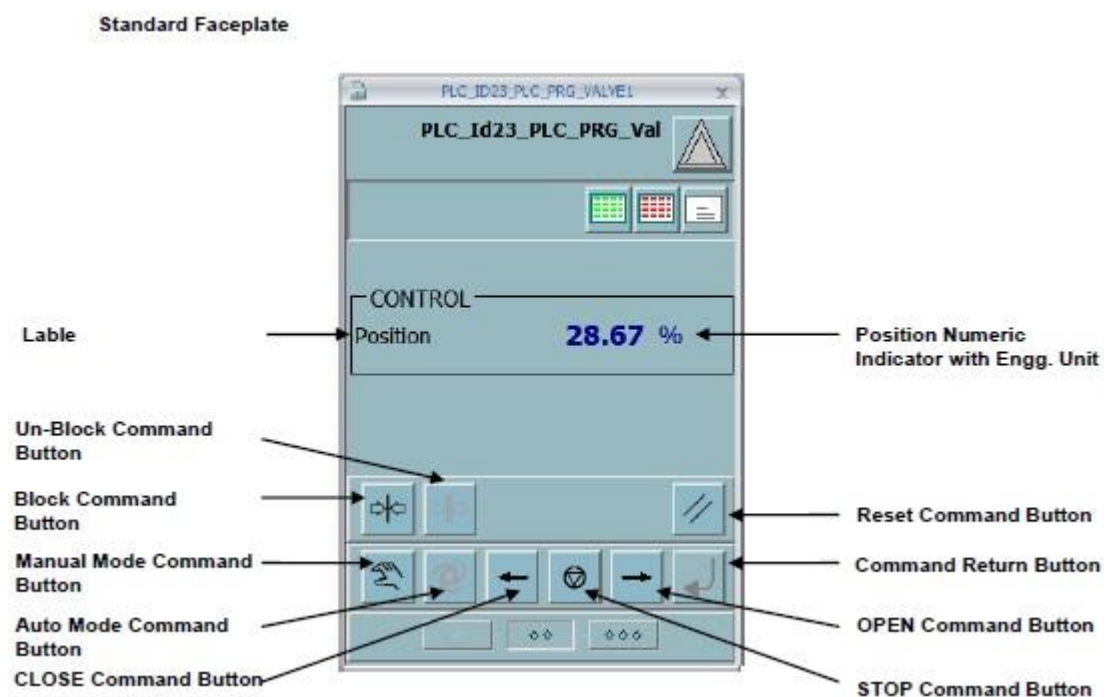
Paikallisen tallennuksen lisäksi symboleita voidaan tallenta global symboliksi käyttämällä Add to System-painiketta. Paikallisia (local) symboleita voi kopioida ja muokkailla yksittäin eri sivujen käyttöön. Global-symboliin tehdyt muutokset vaikuttavat aina kaikkiin käytössä oleviin. Eli jos vaihdetaan väriä yhdestä global symbolina tallennetusta venttiiliistä, sama väri tulee voimaan kaikille käytetyille. Kun global-symboliin liitetään tageja, ne eivät kuitenkaan kytkeydy kaikkiin, vaan ovat yksilöllisiä. Symbolit, joita käytetään useasti samoilla ominaisuuksilla, kannattaa siis tallentaa global symbolina. Näitä ovat esimerkiksi painonapit, pellit ja venttiilit. Symboleista voi aina tallentaa versioita erilaisissa työvaiheissa, joita jalostetaan käyttötarkoitusten mukaisesti.

7.2.5 Dynamics

Kuten aiemmin jo mainittiin, DINP:iä käyttämällä voidaan aukaista myös faceplateja. Tämä tapahtuu valitsemalla diagrammiin Activate Program. Ohjelma, joka avaa faceplateja on PRCMAN, joten se kirjoitetaan ohjelman nimeksi. Faceplaten ominaisuuksia voidaan tarkentaa lisäämällä extraparametreihin tagin nimi. Tagit ovat muuttujatietoja, joita saadaan ohjelmaan järjestelmän tag-tietokannasta. Energiantutkimuslaitoksen tag-tietokantaa ei ole vielä saatu määriteltyä, eikä testauskaan vielä tätä tehdessä ole ollut mahdollista. Tästä syystä ohjausnäyttöjen toiminta on vielä teoreettista. Periaatteena kuitenkin on, että jos tag on tietokantaan määritelty analogiseksi mittausarvoksi, niin faceplate käyttää myös oletusarvoista analogista näyttötyyppiä.



Kuva 19. DNP - PRCMAN



Kuva 20. Faceplate (Universal Connect Guide, 2014, s. 46.)

Kuvassa 20. on esimerkki Universal Connectista saatavista valmiista ohjausnäytöistä. Kyseessä on yksi venttiilien ohjaukseen tarkoitettuista näytöistä. Näytön ylälaidassa on aina laitteen nimi ja tiedot. Prosenttiluku keskellä tarkoittaa venttiilin asentoa. Napeista voidaan esimerkiksi lukita, sulkea ja avata venttiili tai määrittää ajomoodi. Lisäksi oikean yläkulman kolme nappia aukaisevat laitteen parametrien konfiguraation, hälytykset ja muistion. Kolmio ilmoittaa, jos toiminnassa on jokin virhe.

Taulukossa 2 on lainaus Display Builder User Guiden sivulta 106. Taulukossa kuvataan eri vaihtoehtoja objektien dynaamisille ominaisuuksille. Se on hyvä taulukko, joka antaa esimerkkejä missä mitäkin ominaisuutta käytetään. Jos Display Builderissa haluaa luoda dynaamisia symboleja, tämä taulukko kannattaa olla esillä tai opetella se hyvin.

Taulukko 2. Diagram types (Display Builder User Guide, 2014, s. 106.)

Diagram Type	Function	Typical Applications
DALL Alarm	Create custom alarm screens	<ul style="list-style-type: none"> Custom alarm screens
DALF Alphanumeric	Shows dynamics text and values	<ul style="list-style-type: none"> Showing real time values and status Show tag information (limits, units etc.)
DDYN Dynamic Digital	Changes color based on digital state and quality	<ul style="list-style-type: none"> Dynamic valves Dynamic pumps
DDYA Dynamic Analog	Changes color based on analog ranges	<ul style="list-style-type: none"> Analog valve indications (shows opening and closing)
DINP Input	Launches application and other graphics	<ul style="list-style-type: none"> Display links Control buttons Launch 3rd party applications
DNNV Multi-variable	Advanced function that requires scripting and uses 1-10 tags in logic	<ul style="list-style-type: none"> Any application where more than 1 tag is required for the logic
DRDR Radar	Create radar charts	<ul style="list-style-type: none"> Radar/spider charts for profile comparisons Bearing temperatures or vibrations
DTRD Trend	Trend charts	<ul style="list-style-type: none"> Display based trends
DXYP XY Plots	XY Plots	<ul style="list-style-type: none"> Performance curves Pump efficiency curves

7.2.6 Dynaamisia mahdollisuuksia

Jos symbolin halutaan vaihtavan väriä tagin tilan mukaan, voidaan se suorittaa piirtämällä kappale samaan tapaan kuin nappi. Piirretylle objektille lisätään dynaamisuus, mutta tällä kertaa valitaan DDYN, eli dynamic digital. On muistettava, että yksi objekti voi olla myös useita kappaleita samassa ryhmässä. DDYN diagram-välilehden sisältö on kuten kuvassa 21 on esitetty.

Kuva 21. DDYN

Asetuksiin on muutettu Num Alm arvoksi 2. Tämä tarkoittaa, että odotettuja muuttujan arvoja on kaksi. Tarkoitus on, että syötettävä tag on digitaalinen, joka tuo vain on tai off -tiedon. Num Qual on asetettu nolaksi. Tämä seuraa luetun tiedon laatua ja jos havaitaan virhe, quality-ikkunassa määritetty tapahtuma aktivoituu. Tätä kannattaa käyttää, mutta tästä esimerkistä se jätettiin pois. Symbol attributes-kohdassa voidaan valita mitä tapahtuu, kun ehdot täyttyvät. Asetuksista on ruksattu kohta Change Foreground, koska halutaan, että ehdon täytyessä objekti väritetään täyttämällä foregroundia.

Digit_NoAl_0 arvolla foreground saa arvon 2, joka tarkoittaa punaista väriä.

Digit_NoAl_1 arvolla arvo on 3, joka taas on vihreä väri.

Tuplaklikkaamalla numeroa avautuu lista eri väreistä, joita voidaan valita ja numerointi tulee värin mukaan. Värimuutoksen lisäksi tässä samassa ikkunassa voidaan lisätä erilaisia tehostekeittoja, kuten värin välkkyminen ja symbolin liikkuminen. Peltisymbolien luomiseen on esimerkiksi käytetty värimuutosta. Tällä tavalla tehtyjä kappaleita, voidaan myöhemmin käyttää osana suurempaa symboli-kokonaisuutta.

Monimutkaisempiin symboleihin, joihin tarvitsee liittää useita tageja tai esitystavassa halutaan lisätarkkuutta, käytetään DNNVia ja ohjelmointia eli scriptausta.

Scriptaamista käytetään monimutkaisemmissa esitystavoissa, kuten objektin vaihtumisessa eri tagin arvoilla. Samasta laitteesta piirretään kolme erilaista versioita, esimerkiksi eri asennoissa (ON, OFF, FAILURE) ja eri väreillä. Elementit nimetään erikseen (ON, OFF ja FAILURE) ja sijoitaan päällekkäin. Muodostetaan ryhmä, nimetään se ja lisätään dynaamisuus. Yhdellä digitaalisella tagilla tulee tiedot 1 tai 0. Tagitietoa käytetään koodissa arvona ja normaaleilla ehtolauseilla voi ryhmästä esittää vain yhden elementin ja piilottaa loput.

Alapuolella on esimerkki edellisessä kappaleessa mainitusta scriptistä.

```
If (value == 0) {
  object.OFF.show = TRUE;
  object.ON.show = FALSE;
  object.FAILURE.show= FALSE;
}
If (value == 1) {
  object.OFF.show = FALSE;
  object.ON.show = TRUE;
  object.FAILURE.show= FALSE;
}
If (value == IsBAD) {
  object.OFF.show = FALSE;
  object.ON.show = FALSE;
  object.FAILURE.show= TRUE;
}
```

Tarkempia ohjeita on luettavissa ohjelman käyttöoppaasta.

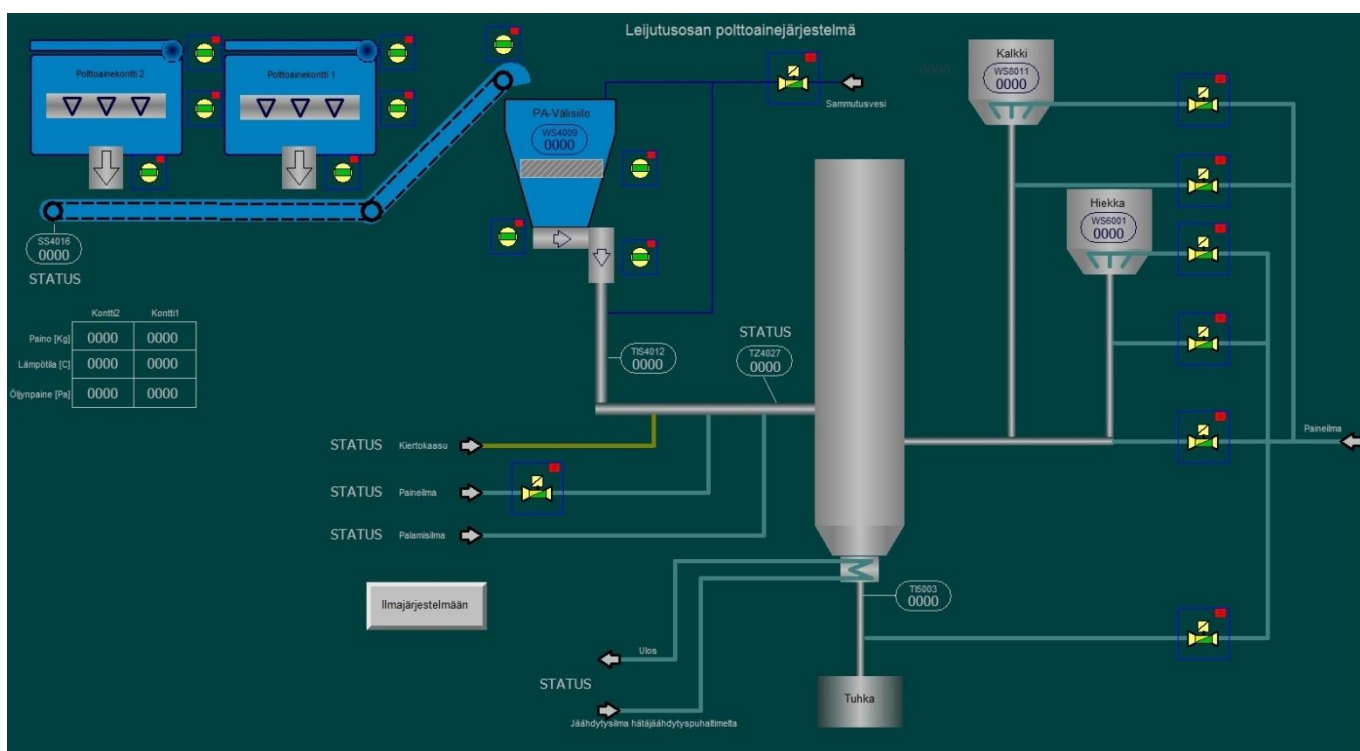
7.2.7 Leijutusosan polttoainejärjestelmän kuvaus

Leijutusosan polttoainejärjestelmään kuuluu polttoaineen, hiekan ja kalkin varastointi, syöttölaitteet ja välisiilo. Kiinteä polttoaine varastoidaan kahteen lämmitettyyn, noin 23 kuution kokoiseen konttiin. Konteissa on moottoritoimiset avattavat katot, joiden kautta kontteja voidaan täyttää. Ensimmäinen konteista on varattu kierrätyspolttoaineelle ja toinen hakkeelle, pelletille ja turpeelle. Polttoaineen valinta tapahtuu käynnistämällä vain toisen kontin syöttölaitteet. Konteissa on repijärulla tasaamassa ja tankopurkaimet annostelemassa polttoainetta kolakuljettimelle. Valvomossa seurattavat mittaus-suureet ovat konttien paino, lämpötila ja tankopurkainten hydraulisyntereitten öljynpaine. Kolakuljetin on nopeusäätoinen ja sillä on pyörintävahti, joka hälyttää esimerkiksi tukosten syntyessä. Haasteena polttoaineensyötössä on pitää polttoaineen annostelu kolakuljettimelle tasaisena. Kuljettimen yhteydessä on myös käsin avattava väliottoluukku, joka avataan kun halutaan syöttää polttoainetta arinakattilalle.

Välisiilon tilavuus on noin kaksi kuutiometriä. Siilossa sisällä on kaksi moottorisoitua laitetta, lapasekoitin ja ruuvi, joka syöttää polttoaineen siilon ulkopuolella olevalle sulkusyöttimelle, jolla on oma moottorinsa. Sulkusyöttimen jälkeen on pystysuora pudotus ja kattilaan yhdistyvä vinoputki noin 50 asteen kulmassa kattilaan nähden. Syötössä käytetään siis painovoimaa hyväksi mahdollisimman tehokkaasti.

Järjestelmään kuuluu myös ilmansyöttö, joka käsittää palamisilman, kiertokaasun ja paineilman. Paineilma syötetään suutinten väliin estämään mahdollisia tukoksia. Palamisilman syöttömäärä riippuu kattilaan syötettävän polttoaineen määrästä.

Lämpötila-anturit syöttötorven yhteydessä seuraavat polttoaineen lämpötilaa ja hälyttävät, jos on päässyt tapahtumaan takapalo. Putkeen saadaan hätätapauksessa myös ohjattua sammutusvettä. Hiekkaa ja kalkkia ammutaan siiloista paineilman avulla kattilaan. Kummankin siilon tilaa seurataan painon avulla. Täyttö ja ilmausyhteet ovat siilojen katossa. Kattilan pohjassa on yhde tuhkanpoistolle. Tuhkaa voidaan tarpeen tullen jäähdyttää ilman avulla.



Kuva 22. Leijutusosan polttoainejärjestelmä

Näyttö on vielä konseptitasolla ja kaikkia dynaamisuuksia ja säätöjä ei ole määritelty valmiiksi. Kun valvomokoneiden järjestelmät ovat toimintakunnossa, voidaan testaus aloittaa. Kun eri symboleja näkee toiminnassa, on helpompi päättää miten työtä jatketaan.

7.2.8 Ehdotetut värit ja mitat

Tässä luvussa on listattu ja esitelty kuvassa 22 esitellyn prosessikaavionäytön luontiin käytettyjä värejä, mittoja, sekä piirtotapoja. Näiden lisäksi esitellään ehdotettuja symboleita, sekä niiden toimintaperiaatteita.

- Sivun taustaväri on tumman vihreä RGB(0,64,64)
- Ensisijainen täyttö- ja piirtoväri on vaaleanharmaa RGB(192,192,192)
- Harmaan sävytykseen on käytetty tumman harmaata RGB(128,128,128)
- Ilmalinjojen piirtoväri on turkoosi RGB(64,128,128)

- Polttoaineen välisiilo, kolakuljetin ja polttoainekontit ovat vaalean sinisellä RGB(0,128,192)
- Vaaleiden värien päälle tulevat tekstit ja viivat mustalla RGB(0,0,0)
- Käytetyimmät värit on lisätty ainakin ASCS2 valvomokoneessa custom color-listaan, jotta niitä on tarvittaessa nopea käyttää.

Kolmiulotteisuutta putkille ja pyöreille säiliöille saa käyttämällä kahta eri väriä ja vaakasuoraa (horizontal) tai pystysuoraa (vertical) täyttötapaa. Putkilinjat on väritetty käyttämällä vaaleanharmaata ja taustavärinäkin käytettävää tumman vihreää. Leijupetikattila, kalkkisäiliö ja hiekkasäiliö on väritetty kahdella eri harmaalla.

- Polttoaineputken paksuus on 15
- Kalkin ja hiekan syöttöputki on paksuudeltaan 10
- Venttiilien mitat ovat 60 x 60
- Moottorisymbolit ovat kooltaan 40 x 40
- Ilmalinjojen viivapaksuus on 5 (Paine ja palamisilma)
- Savukaasulinjojen paksuutta ja väriä on suunniteltava savukaasujärjestelmää tehdessä
- Header alueen koko eli esitettävän näytön ulkomitat ovat 1600 x 900
 - Tämä mitta on vielä arvio, jonka käyttökelpoisuus on testattava, sen jälkeen kun preview-toiminto tai Operations explorer on saatu toimintakuntoon. Valvomonäytön resoluutio on 1920 x 1200, mutta aivan kaikki tuosta tilasta ei ole displayn käytössä. Operations explorer ruudun ylälaidassa on esimerkiksi työkaluvalikot ja hälytykset, sekä vasemmassa laidassa on lisää työkaluja.

Venttiileiden osoittamiseen on käytetty Universal Connectista saatavia AC500 Valve-symboleita.



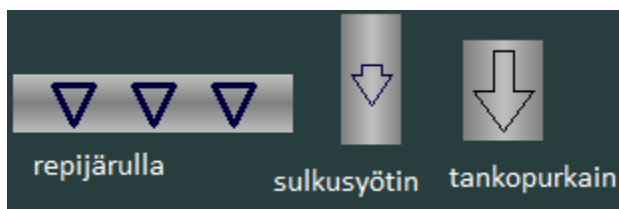
Kuva 23. AC500 Valve

Vaihtoehtoja löytyy muitakin ja kaikki voidaan piirtää myös itse. Työn helpottamiseksi kuitenkin on varattu valmiita symboleja. Näitä voidaan aina tarpeen mukaan vaihtaa. Työ on pitkälti vielä hahmottelutasolla, joten tunnustelemalla löytyy se paras vaihtoehto. Giljotiinipellit on piirretty itse ja niiden toimintaperiaate on, että kun pelti on kiinni, symboli on punainen, ja kun se on auki vihreä. Lähes kaikki venttiilit ja pellit toimivat tässä järjestelmässä on/off-periaatteella. Pelti ei kuitenkaan sulkeudu tai avaudu välittömästi, joten symboliin on lisätty ominaisuus, jossa pellin ollessa liikkeessä, eli ei kummallakaan rajalla, symboli on keltainen.



Kuva 24. Pelti

Sulkusyötin, syöttöruuvi, tankopurkaimet ja repijärulla on tässä vaiheessa vielä kuvattu harmana palikoina joiden päällä on nuolet. Nuoli on vihreä, syötön ollessa käynnissä ja punainen sen ollessa pois päältä. Ohjaus tapahtuu faceplatesta, joka aukeaa painamalla hiiren painikkeella moottorikilpeä. Tässä ohjausnäytössä voi esimerkiksi säätää nopeutta tai asettaa ajomoodin. Hälytyksiä tai erilaisia säätöjä ei ole vielä tarkemmin suunniteltu, joten ainakin alkuun toimintaa testataan manuaalisesti. Tarvittavat säädöt ovat kuitenkin tiedossa, mutta järjestelmä tarvitsee ennen tätä vielä paljon työtä.



Kuva 25. Moottorisoidut laitteet.

Moottoriohjatuiissa laitteissa moottoria kuvaa Universal Connectista saatavat Motor2-symbolit. Symbolit muuttuvat sen aktiivisen tilan mukaan. Symbolien toimintaperiaate on esitetty seuraavassa taulukossa 3.

Inactive	Quality Bad	Quality Channel Failure	Local Mode	Manual Mode and Active	Quality Uncertain

Taulukko 3. Motor Symbol (Lähde: Universal Connect Guide 2014 s.93)

Moottoria voi tehdä kuvaamaan myös esimerkiksi perinteisen M-kyltin.



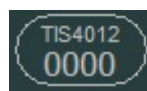
Kuva 26. Moottorikyltti

Mittausarvoille eli valueille Universal Connectin tuomat valmispohjat ovat vastaavanlaisia:

Normal	Quality – Bad	Quality – Channel Failure	Quality - Uncertain

Taulukko 4. Value Universal Connect (Lähde: Universal Connect Guide 2014 s.85)

Tällä hetkellä piirroksessa käytetyt valuet ovat mallia:



(Kuva 27. mittatieto)

7.3 Automaatio-ongelmat

Energiantutkimuskeskukselle pyrittiin saamaan ammattihenkilö asentamaan ohjausjärjestelmä käyttökuntoon. Lisäksi Symphonyn käyttöön oli tarkoitus hankkia koulutusta. Näiden järjestäminen kuitenkin osoittautui harmillisen hankalaksi. Apua automaatiojärjestelmän käyttöönottoon odotellessa, käyttöönottoa yritettiin tehdä mahdollisimman pitkälle itse. Tarkoitus oli vielä opinnäytetyön aikana testata käyttöliittymää oikeassa laitosympäristössä. Tavoitteena oli ainakin tuoda ohjelmaan anturien lukutietoa, sekä ohjailla yksittäisiä venttiilejä ja moottoreita. Yhteyksiä valvomon ja pääautomaation toimilaitteiden välillä ei kuitenkaan saatu toimimaan kovinkaan nopeasti. Koska yhteydet eivät tuntuneet toimivan ollenkaan, niin oli epävarmaa onko syy ohjelmassa vai kentällä.

Ongelman syyksi epäiltiin ensin ethernet-kaapelointeja ja niiden testaamisessa kokeiltiin erilaisia kytkentöjä. Lisäksi kaapelien kuntoa testattiin kokeilemalla niitä verkossa yksitellen. Oikeat ethernet-kytkennät ja kaapelien toimivuus saatiin lopulta varmistettua ja ongelmanratkaisu jatkui ohjelmallisesti.

Control Builderissa ei saatu kaikkia laitteita tunnistettua, vaikka kaapelointi oli oletettavasti oikein. PLC-asetuksia ei päässyt muuttamaan, eikä lataamaan sille ohjelmaa. Saimme yhteysryityksillä kasan erilaisia virheilmoituksia, joita tulkitsemalla ja karsimalla pääsimme eteenpäin. Kommunikatioparametreja muuttelemalla ohjelman sai osittain toimimaan, mutta osa laitteista näkyi edelleen kysymysmerkkeinä. Ongelma ratkesi vaihtamalla käytössä ollut Control Builder Plus (CBP) v2.3, uudempaan Automation Builder v1.2 -ohjelmaan. Samalla päivitettiin logiikoiden firmwaret, mikä auttoi sekin. Automation Builderiin olisi ollut mahdollista konvertoida suoraan vanha CBP-projekti. Havaitsimme kuitenkin tällä tavalla luodun projektin epävakaaksi. Automaation puurakenne luotiin uuteen projektitiedostoon, käyttämällä mallina vanhaa projektia. Laitetunnukset ja kuvaukset siirrettiin käyttämällä leikkaa-liitä -menetelmää. Kuvassa 28 on esitetty laitokselle tehty automaatioprojekti.



Kuva 28. Automation Builderin puurakenne

Projekti pitää olla luotu samalla hierarkisella rakenteella, miten ne ovat fyysisestikin asennettu. Ensimmäisenä on ohjelmoitava logiikka, jolle laaditaan CodeSys:llä ohjelmätiedosto.

Lisäys tapahtuu valitsemalla hiiren oikealla add device. Ohjelman kirjastoista löytyy eri laitevaihtoehtoja. Ominaisuudet tulevat aina valitun laitteen tunnuksen ja tyyppin mukaan. Laitteet nimetään ja annetaan näille tarvittavat perusparametrit. Tärkeimpinä nimi ja IP -asetukset.

Ohjelmoitavan logiikan alla ovat seuraavaksi interfacet, eli käytetyt liityntätavat. Näitä ovat esimerkiksi COM ja FBD. Extension Bus:t ovat logiikkaan liitettyjä lisälaitteita, kuten kommunikaatiomoduu-
lit. Tällä hetkellä PM592 ETH logiikkaan ei ole kytketty kuin profinettia tukeva CM579-PNIO. Tälle on varattu paikat esimerkiksi Modbus:a tukevalle moduulille, sekä laitoksen turvamoduleille. Ylimääräiset laitteet kuitenkin poistettiin väliaikaisesti, koska niiden havaittiin aiheuttavan ongelmia. CM579 toimii yhteysväylänä IO-saarekkeisiin ja taajuusmuuttajille. Saarekkeiden päissä on niitä hallitsevat CI502-moduulit, joiden alta löytyy saarekkeiden liitäntäkortit.

Lähes kaikkien korttien tulot ja lähdöt on Energiantutkimuslaitoksella määritelty 4...20 mA virtasignaaleiksi. Eli logiikka lähettää tai vastaanottaa virtaa väliltä 4-20 mA. Digitaalinen virtaviesti väliltä 4-20 mA on aina 4 tai 20 mA. Analoginen viesti taas voi olla mitä vain tuolta väliltä eli vaikka 12 mA. Jos lämpötilan mittausta varten lämpötila-anturi on kalibroitu välille 0-400 °C, skaalataan virtaviesti tuolle välille. 0 °C on siis 4 mA ja 400 °C on 20 mA. Esimerkiksi jos mitattu lämpötila tuolla anturilla on 100 °C, niin vastaava virtaviesti on 8mA. Laskentaan voi käyttää seuraavaa kaavaa 1 :

$$y = \left(\frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right) (x - x_{min}) + y_{min}, \quad (1)$$

jossa

$$\begin{aligned} y_{min} &= 4\text{mA} \\ y_{max} &= 20\text{mA} \\ x_{min} &= 100\text{ }^{\circ}\text{C} \\ x_{max} &= 400\text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Automaatiossa nähtävä arvo on tässä esimerkkitapauksessa kuitenkin vielä 0-27648. Tuo arvo pitää vielä ohjelmallisesti muuntaa celsius-asteiksi. Se saadaan tekemällä skaalaus samalla tavalla mitä virtaviestille, eli 0-27648 = 0-400 °C. Skaalaus suoritetaan käyttämällä CodeSys-ohjelmointityökaluja.

Tämän hetken tilanne on, että valvomokoneelta on kommunikaatioyhteys logiikoihin ja I/O-saarekkeisiin. Kaikki virheilmoitukset on saatu karsittua pois. Saarekkeilta saadaan oikeanlaista raa-kadataa kuitenkin vain muutamasta kohteesta. Digitaalitulot ja lähdöt tuntuivat toimivan parhaiten, mutta analogiakorteita ei saada dataa juuri mistään. Kaksi neljästä saarekkeesta on datan suhteen lähes kokonaan pimeinä. Oletettavasti kenttäkaapeloinnissa on tehty useita virheitä, jotka häiritsevät toimintaa.

CodeSys-ohjelmasta saatiin luotua Universal Connectin tarvitsema .SYM_XML ja OPC serverin tarvitsema .SDB. OPC toimintaa testattiin Matrikon OPC Explorer-ohjelmalla. Matrikon ainakin pääsee kä-

siksi serverillä liikkuvaan livedataan, mutta Universal Connectilla yhteyttä ei saatu toimimaan. Näin ollen Symphonyn käyttämää tag databasea ei saatu luotua.

8 SUOSITUKSET

Opinnäytteen aikana on ehditty vain tehdä pohjatyötä Energiantutkimuslaitoksen valvomon ohjausnäyttöjen luomista varten. Työ jatkuukin eri henkilöiden tekemänä ja tässä luvussa listataan työvaiheita, joita heidän kannattaa tehdä.

Ensimmäisenä työntekijöiden kannattaa tutustua yleisesti Energiantutkimuslaitoksen automaatioon ja siihen liittyvien ohjelmien toimintaan. Ohjelmia, joita suunnittelutyössä varmasti tarvitaan, ovat CodeSys ja Display Builder. Kun Symphony Plus-järjestelmä on käyttökunnossa, ensimmäinen vaihe on opetella tagien luominen ja niiden lisääminen Symphonyn tietokantaan. Kun tagit on havaittu toimiviksi, voidaan näyttöjen ja symbolien piirtämistä harjoitella. Samalla kannattaa arvioida tässä opinnäytetyössä tehtyjen ehdotusten pätevyudet.

Kun perusteet ovat selvillä, voi suunnittelun aloittaa.

Listattuna tarvittavat prosessikaavionaityöt ovat:

- Leijutusosan polttoaine, tuhka ja hiekka
 - Tämä sivu toimii teemaesimerkkinä jatkosuunnittelussa.
- Leijutusosan ilma ja savukaasu
 - Paineilma, palamisilma ja kiertokaasu, sekä savukaasu kannattaa erotella esimerkiksi eri väreillä toisistaan. Savukaasut tulee mahdollisesti esittää paksummalla putkella, eikä viivoilla.
- Kattilavesi ja radiaattori
- Maalämpöpiiri
- Paineilmajärjestelmä
 - Tämän järjestelmän PI-kaavio on vielä keskeneräinen, joten suunnittelija joutuu tarkastamaan sen oikeellisuuden. Paineilmajärjestelmän voi mahdollisesti sulauttaa muihin näyttöihin.
- Savukaasujärjestelmä ja materiaalin testauskammio
 - Tämän kanssa on huomioita prosessin eri ajomoodit, esim. normaali ajo ja materiaalin testaus.
- Erillisjärjestelmiä, joille kannattaa tehdä omat näytöt ovat:
 - Lämmönsiirron testausympäristö
 - Ammoniakinsyöttö
 - Kolakuljettimen ja polttoainekonttien lämmityspiiri

Lisäksi ohjausjärjestelmiin kuuluu yleensä erilaisia lukitusnäyttöjä, trendinäyttöjä ja ajokaavioita. Ajokaavioiden tekemisessä kannattaa tehdä yhteistyötä ohjelmoijien kanssa. Muutenkin on hyvä olla koko ajan tietoinen ohjelmoinnin etenemisestä. Ohjelmointia kannattaa opetella myös itse, jotta

ymmärtää tageissa tulevan tiedon merkityksen. CodeSys-ohjelmointiohjelmassa on mahdollista tehdä visuaalinen ajokaavio. Kannattaa tarkastaa, onko tätä mahdollisesti käyttää suoraan hyväksi Symphonyssa. Jos tämä ei ole mahdollista, niin siitä kannattaa kuitenkin ottaa mallia.

Erilliset lukitusnäytöt ovat hyvin yleisiä automaatiojärjestelmissä. Lukituksiin löytyy jo suunnitelmia laitoksen dokumenteista ja näistä kannattaakin koota etukäteen ainakin piirustukset. Mallia löytyy varmasti kirjallisuudesta.

Lisäksi tarvitaan selvitys halutuista trendinäytöistä. Halutaanko trendejä luoda Symphonyssa, vai käytetäänkö trendien esitykseen erillisiä seurantaohjelmia. Vaadituista trendeistä kannattaa tehdä erillinen lista. Näin tarvittavat muuttujat ja mahdolliset laskennat voidaan määrittää etukäteen.

8.1 Laitelistaukset

PI-kaavioiden pohjalta kannattaa koota erilliset laitelistat jokaiselle prosessinäytölle, joista selviää ainakin laitetunnus, laitteen toimintakuvaus, sekä toiminta-alue. Tästä opinnäytetyöstä löytyy laitelista (Liite 1), joka on tehty polttoainejärjestelmän prosessikaavionaäytöstä. Listan tekeminen helpottaa huomattavasti prosessikaavioiden suunnittelua ja samalla suunnittelija oppii järjestelmän toimintaa ja eri laitteiden merkityksen prosessissa.

Dokumentit, jotka tämä henkilö tarvitsee työssään, ovat: PI-kaaviot, laitelista, laitteiden toimintakuvaukset, ajomoodit ja jomppilista. Nämä dokumentit eivät ole täysin ajan tasalla ja osa suunnitelmiin merkityistä laitteista voi olla poistettu käytöstä tai vaihtoehtoisesti prosessiin on asennettu uusia laitteita. Samalla kannattaa selvittää kaikki muutokset suunnitelmissa ja asennuksissa ja päivittää kaikki dokumentit yhdenmukaisiksi. Selvitystä voi tehdä useita henkilöitä yhtäaikaaisesti esimerkiksi jokaiselle oma järjestelmä selvitettäväksi.

Opinnäytetyön Liite 2 on ote IO-listasta, johon on valikoitu polttoainejärjestelmään liittyviä laitteita. IO-listasta saa selville laitteen position eli tunnuksen, signaalityypin, sijainnin IO-kortilla, kytkentäreitin ja laitteelta luettavat tiedot. IO-lista on kokonaisuudessaan todella laaja dokumentti ja sieltä kannattaakin rajata vain omaan käyttöön tarvittavat tiedot ja tallentaa ne erilliseen tiedostoon. Näin lukeminen helpottuu.

8.2 Prosessikaavionaäyttöjen hahmottelu

Jos valvomokoneet ovat varattu muuhun käyttöön, voi hahmottelua tehdä esimerkiksi paperille tai suunnitteluohjelmalla, kuten AutoCadilla. Ensimmäiseksi kannattaa piirtää staattiset laitteet, kuten kattila ja tankit. Näiden jälkeen piirretään prosessin kannalta tärkeimmät laitesymbolit ja putkilinjat. Symbolien ja värimaailman on tarkoitus olla samanlaisten laitteiden kanssa aina yhtenevä ja esimerkkinä voi käyttää opinnäytetyössä tehtyä polttoainejärjestelmän näyttöä. Työnohjaajalle kannattaa jo työn alkuvaiheissa ilmoittaa mahdolliset parannusehdotukset, jos pohjatyössä on havainnut jotakin muutettavaa.

Haasteita näyttöjen hahmottelussa on kaiken tiedon mahdolluttaminen yhdelle sivulle. Sivun mitat kannattaa määrittää heti alkuun samaksi, kuin ne ovat Operations Explorer-ohjelmassa. Kun ohjausjärjestelmä on käyttökunnossa, kannattaa opinnäytetyössä ehdotettujen symbolien mittoja, sekä viivojen paksuuksia kannattaa testata. Tällä hetkellä kaikki ovat mahdollisesti mitoitettu yläkanttiin. Kaikkea tietoa PI-kaaviosta ei tarvitse näyttöön kopioida ja pois rajattavia tietoja onkin suunnittelussa mietittävä tarkkaan. Käytön kannalta tärkeät laitteet on oltava selkeästi esillä ja kokonaisuudet mielellään sijoitettu lähekkäin.

Suunnittelussa on otettava huomioon saman prosessin eri ajomoodit. Samaa prosessinäyttöä voidaan käyttää näissä hyväksi, mutta esimerkiksi eri ajomoodien käyttämät savukaasulinjat kannattaa piirtää eri layereille eli tasoille. Tallennus tämän jälkeen eri näyttöinä, joissa näkyvissä vain tarvittava tieto. Myös säätöpiirien osoitustapa on suunniteltava. Aiemmin mainittuun laitelistaan kannattaa todennäköisesti lisätä vielä linkki ohjattavaan laitteeseen.

Käyttöliittymän laatijan on oltava huolellinen yhdistäessään erilaisia suuria ruudulla näytettäviin symboleihin. Kaikki tiedot eivät välttämättä aina tule yhdessä paketissa tai oikeasta paikasta. Esimerkiksi tieto lämpötilasta tai paineesta voi tulla aivan eri osasta prosessia, mistä käyttäjä luulee. Väärä numero oikeassa paikassa voi olla tuhoisa koko prosessille tai aiheuttaa vaaratilanteen ihmisille. Tulevien ja lähtevien signaalien oikeellisuus pitääkin ennen käyttöönottoa aina tarkastaa ja tämän jälkeen vielä huolehtia testauksesta.

8.3 Tiedonsiirron ongelmien selvittäminen

Prosessiasemien kytkentöjen tarkistamiseen tarvitsee suunnitella tarkastuspöytäkirja. Tämän hetken tarkastelutavat ovat liian satunnaisia ja tehty dokumentointi ei ole tarpeeksi kattavaa.

Laitoksen putkilinjat kannattaa tarkastaa yksi kerrallaan läpi ja näistä on listattava puuttuvat laitteet tai kytkennät. Havaittujen erojen syyt on selvitettävä ja dokumentoitava. Osa kenttäkoteloiden puuttuvista kytkennöistä on jo selvitetty, mutta havatuista puutteista kannattaa tehdä kunnollinen lista.

Kenttäkoteloiden kytkentäkuvat puuttuvat ainakin koteloilta 1-5. Näille kannattaa piirtää samanlaiset kuvat, jotka löytyvät muilta koteloilta. Lisäksi kenttäkoteloihin tarvitsee tulostaa uusia piirustuksia. Entiset kuvat ovat jo pahasti vanhentuneet.

Kaapelien häiriönsuojajohdinten, eli johdinparien TE-johtimien kytkennät pitää tarkastaa systemaattisesti. On varmistettava, että nämä ovat maadoitettu vain yhdestä päästä, eli KTE kaapissa. Johtimen toinen pää ei saa olla kiinni esimerkiksi anturin rungossa, eikä se saa koskettaa välillä mihinkään ylimääräiseen. Teippaukset pitävät olla anturin päässä kunnossa. Myös johdinparien foliosuoja pitää olla varmasti teipattuna.

8.4 Hälytysten suunnittelu

Laitoksen eri hälytyksistä tarvitsee tehdä listaus. Hälytykset pitää jakaa ryhmiin ja tärkeysjärjestykseen. Ryhmittelyt voivat olla esimerkiksi prosessin eri osien mukaan. Laitelistaaja tehdessä kannattaa lisätä laitteiden kohdalle myös niiden eri hälytykset. Kriittiset hälytykset on ohjausjärjestelmässä aina erotettava selkeästi vähemmän merkittävistä.

Hälytyksiä on mahdollista määritellä CodeSys-ohjelmassa, mutta niiden linkittäminen Symphonyyn on epäselvää. Symphonyssa hälytykset ovat ihan oma lukunsa ja näiden toimintaan opinnäytetyössä ei ole ehditty perehtyä juuri ollenkaan. Yhden henkilön kannattaa ottaa nämä mietintään. Tämän henkilön kannattaa tutustua ensin miten Symphonyn hälytysjärjestelmä toimii. Esimerkiksi miten hälytykset listataan ohjelmassa ja kuinka eri jaot käytännössä toteutetaan. Hälytysten käsittelystä löytyy tietoa esimerkiksi Operations User Guiden sivulta 86 lähtien.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Symphony Plus-järjestelmän työkaluilla toimiva käyttöliittymä laitoksen seuraamiseen ja ohjaamiseen. Oletettiin, että käyttöliittymä olisi nopea luoda ja liittää laitoksen automaatiojärjestelmään. Toisin kuitenkin kävi. Minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta järjestelmästä, jota työssä tarvitsi käyttää. Olen kyllä aikaisemmin käyttänyt esimerkiksi voimalaitossimulaattoria, mutta ohjausnäyttöjä en ole koskaan ollut tekemässä. Tuo simulaattorikin oli tehty aivan eri järjestelmällä. Toisaaltaan minulla oli hyvä kuva, miltä lopputuloksen pitäisi näyttää.

Koska laitoksella ei opinnäytetyön aikana ollut ketään joka järjestelmää osaisi käyttää, on kaikki jouduttu opettelemaan itsenäisesti. Opettelua on vaikeuttanut useassa kohtaa se, että mikään ei tuntunut käyttäytyvän, kuten oli tulkittu manuaaleista. Opinnäytetyössä onkin pitänyt vaihe kerrallaan selvittää kuinka ohjelmien tai työkalujen pitäisi toimia teoriassa. Läheskään kaikkea opinnäytetyön aikana ei ole ehditty selvittämään, mutta järjestelmän toiminnasta on saatu peruskäsitys. Opinnäytetyön aikana järjestelmää ei ole kuitenkaan saatu toimintakuntoon.

Opinnäytetyön ideana oli suunnitella laitokselle graafista käyttöliittymää ja samalla luoda näytöillä käytettävillä symboleilla toimivat yhteydet. Display Builderilla on piirretty harjoituksen vuoksi erilaisia symboleita, mutta näiden toiminnan pätevyys jäi avoimeksi, koska testaus ei toiminut. Energiantutkimuslaitokselle pyrittiin järjestämään koulutusta Symphonyn käyttöön. Koulutuksen järjestäminen kuitenkin osoittautui, opinnäytetyölle varatun aikataulun kannalta, harmillisen hankalaksi. Koulutuksen ajankohta siirtyi useampaan otteeseen ja lopulta koulutusta ei opinnäytetyön aikana ehditty saamaan ollenkaan.

Opinnäytetyön aikana on tarvinnut käyttää seuraavia ohjelmia: Control Builder Plus, Automation Builder ja CodeSys. Ohjelmien käyttö on pitänyt opetella alkeista asti, koska aikaisempaa kokemusta ohjelmien käytöstä ei ollut. Näiden peruskäytön opetteluun onkin mennyt suuri osa opinnäytetyöhön käytetystä ajasta. Opettelua on vaikeuttanut vielä sekin, että myös muut Energiantutkimuslaitoksella

työskennelleet henkilöt olivat vielä kokemattomia näiden ohjelmien käytössä ja tästä syystä pätevää opastusta ei ollut saatavilla.

Opinnäytetyön aihe oli kiinnostava, mutta käytännön ongelmien takia opinnäytetyön rajauksen tekeminen viivästyi. Olisin rajannut opinnäytetyön aiheen heti alussa pelkkään konseptisuunnitteluun, jos olisin tiennyt etukäteen, miten vaikeaksi koulutuksen järjestäminen ja automaatiojärjestelmän käyttöönotto osoittautui.

Oppimisen kannalta tämä oli kuitenkin mielenkiintoinen projekti. Automaatiosta on opittu paljon, kuten kenttäasennuksista, eri laitteista ja sähköstä yleisesti. Sain selkeän kuvan miten viesti kulkee anturilta aina ohjelmaan saakka. Lisäksi ohjelmistopuolen oppia tuli laajasti. Jos olisin keskittynyt vain käyttöliittymän suunnitteluun, olisi kokonaisuus minulle tässä vaiheessa vielä hyvin epäselvä. Tietysti, jos olisin keskittynyt pelkästään käyttöliittymään, niin olisi erilaisille näytöille nyt valmiit pohjapiirrokset. Aikaa on kuitenkin vain rajatusti ja kaikkea ei yksi ihminen ehdi tekemään, vaikka kuinka kiinnostaisi.

LÄHTEET

- ABB_June2013 Esite, Nettisivu. Viitattu [25.4.2016] Saatavissa: http://www.spgmediadesign.com/FPT/hosted/ABB/ABB_June2013.pdf
- ABB Symphony Plus, Nettisivu. Viitattu [25.4.2016] Saatavissa: <http://new.abb.com/power-generation/symphony-plus>
- ABB Symphony Plus S+ Operations esite, Viitattu [25.4.2016] Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/789843eb97ad4901a0dd1c85cf47a5ec/3BUS095408_D_en_Symphony_Plus_S_Operations.pdf
- Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat, Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas, Sumujärvi, 1. painos, WSOY Oppimateriaalit Oy, Helsinki 2007
- Automaatiotekniikan perusteet, Kippo, Tikka, Edita Priima Oy, Helsinki 2008
- Codesys, Nettisivu. Viitattu [28.4.2016] Saatavissa: <https://www.codesys.com/products/codesys-engineering/development-system.html>
- Database Reference Guide, ABB S+ Operations 2.0 SP2, pdf, marraskuu 2014
- Display Builder User Guide, ABB S+ Operations 2.0 SP2, pdf, marraskuu 2014
- Energiantutkimuskeskus Esite. Viitattu [6.4.2016] Saatavissa: http://portal.savonia.fi/amk/sites/default/files/pdf/tki_ja_palvelut/SAVONIA_energiatutkimusenergiatu_esite_A5_2014_web.pdf
- Höyrykattilatekniikka, Huhtinen, Kettunen, Nurminen, Pakkanen, 5.painos, Oy Edita Ab, Helsinki 2000
- Operations User Guide, ABB S+ Operations 2.0 SP2, pdf, marraskuu 2014
- Profinet tuotekuvaus. Nettisivu. Viitattu [16.4.2016] Saatavissa: http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatio_tekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/profinet.htm
- System Configuration Guide, ABB S+ Operations 2.0 SP2, pdf, marraskuu 2014
- Säätötekniikan perusteita Savolainen, Vaittinen, 1. painos, Suomen Robotiikkayhdistys Ry, Helsinki 2007
- Universal Connect Guide, ABB S+ Operations 2.0 SP2, pdf, marraskuu 2014
- Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt, 2. painos, Suomen Automaatioseura ry, Helsinki 2011
- Voimalaitosautomaatio, Joronen, Kovács, Majanne, 4. painos, Suomen Automaatioseura ry, Helsinki 2015
- Voimalaitostekniikka, Huhtinen, Korhonen, Pimiä, Urpainen, Opetushallitus, Keuruu 2008

LIITTEET

LIITE 1. POLTTOAINEJÄRJESTELMÄN LAITELISTA

Moottorit									
C-4002		Kontin 1 katon aukaisu							
C-4018		Kontin 2 katon aukaisu							
C-4005		Polttoaineen sulkusyötin							
C-4015		Polttoaineen kolakuljetin							
C-4019		Kontin 2 repijärulla							
C-4023		Kontin 1 repijärulla							
C-4001		Polttoaineen siilopurkain, kontti 1							
C-4017		Polttoaineen siilopurkain, kontti 2							
C-8010		Välsiilo holvauksen esto (lapasekoitin)							
Venttiilit, kytkimet ja pellit									
HS	4025	Polttoaineputken paineilman syöttö							
HS	4026	Polttoaineputken paineilman syöttö						paikalliskytkin	
HS	6002	Paineilman säätöventtiili hiekkasiiloa varten						(on/off)	
HS	6003	Paineilma hiekkasiilon giljotiinipeltien väliin						Säätöventtiili	
HS	6004	Paineilman säätöventtiili hiekan syöttölinjaa varten						(on/off)	
HS	6005	Paineilma tuhkanpoiston giljotiinipeltien väliin						(on/off)	
HS	6006	Paineilma kalkinsyötön giljotiinipeltien väliin						(on/off)	
HS	8012	Paineilman säätöventtiili kalkkisiiloa varten						(on/off)	
SS	4010	Polttoaineen sulkusyötin 1, pyörintävahti							
GS	4011	Polttoaineen pudotusputken tukosvahti							
SS	4016	Polttoaineen kolakuljetin pyörintävahti							
	V-5505	Tuhkanpoiston giljotiinipelti						(on/off)	
	V-5507	Tuhkanpoiston giljotiinipelti						(on/off)	
	V-5508	Kalkin annostelun giljotiinipelti						(on/off)	
	V-5509	Kalkin annostelun giljotiinipelti						(on/off)	
	V-5510	Petihiekan annostelupelti						(on/off)	
	V-5511	Petihiekan annostelupelti						(on/off)	

Painemittaukset						
PI	4014		Polttoainekontin 1 paine			
PI	4022		Polttoainekontin 2 paine			
Lämpötilamittaukset						
TI	4013		Polttoainekontin 1 lämpötila			
TI	4021		Polttoainekontin 2 lämpötila			
TI	5003		Poistettavan tuhkan lämpötila			
TIS	4012		Polttoaineen pudotusputken lämpötilanmittaus			
TZ	4027		Takapalotermostaatti			
TIC	4028		Polttoaineen pudotusputken lämpötila			
Painonmittaukset						
WI	8014		Painonmittaus, kontti 1			
WI	8016		Painonmittaus, kontti 2			
WS	4009		Polttoaineen välisiilon painonmittaus			
WS	6001		Hiekkasiilon painonmittaus			
WS	8011		Kalkkisiilon painonmittaus			

LIITE 2. OTE I/O-LISTASTA

Positio	Laite	Tyyppi	AI	AO	DI	DO	Signaali	IO-kortti	Kanava	IO-liitin1	IO-liitin2	Runkokaapelin blokki, kytkentäkaappi	Sis. Johd. jompattava IO-kortin liitin	Mistä 1	1	Mihin 1
4016	SS4016	Pyörintävahti			1			A01/00	12	2.8	2.4	KK14-X1.1	A01/00:2.8	KK12-X2.1:1	4	KK14-X1.1:27
4016	SS4016	Pyörintävahti			1			A01/00	12	2.8	2.4	KK14-X1.1	A01/00:2.8	KK12-X2.1:2	4	KK14-X1.1:28
4016	SS4016	Pyörintävahti			1			A01/00	12	2.8	2.4	KK14-X1.1	A01/00:2.8	KK14-X1.1:29	-->	A01/00:2.4
	C4001	Häiriö			1			A01/04	1	2.8	1.1	KK15-X1.1	A01/04:2.8	A01/04:2.8	1	KK15-X1.1:5
	C4001	Eteen			1			A01/04	2	2.8	1.2		A01/04:2.8	KK15-X1.1:29	8	KT E/C4001-X2:17
	C4001	Taakse			1			A01/04	3	2.8	1.3		A01/04:2.8	KT E/C4001-X2:17	9	KT E/C4001-X2:19
	C4001	Automaatti			1			A01/04	4	2.8	1.4	KK15-X1.1	A01/04:2.8	KK15-X1.1:5	2	KK15-X1.1:1
	C4001	Seis			1			A01/04	5	2.8	1.5	KK15-X1.1	A01/04:2.8	KK15-X1.1:1	3	KK15-X1.1:3
	C4001	Turvakytkin OK			1			A01/04	6	2.8	1.6		A01/04:2.8	KT E/C4001-X2:19	10	KT E/C4001-X2:11
4002	C4002	Hälytys			1			A01/04	7	2.8	1.7	KK15-X1.1	A01/04:2.8	KK15-X1.1:3	4	KK15-X1.1:33
	C4002	Vika			1			A01/04	8	2.8	2.0	KK15-X1.1	A01/04:2.8	KK15-X1.1:35	5	KK15-X1.1:35
4005	C4005	Eteen			1			A01/04	14	2.8	2.6	KK15-X1.1	A01/04:2.8	KK15-X1.1:35	6	KK15-X1.1:27
	C4005	Taakse			1			A01/04	15	2.8	2.7	KK15-X1.1	A01/04:2.8	KK15-X1.1:27	7	KK15-X1.1:29
	C4005	Automaatti			1			A01/04	16	3.8	3.0	KK15-X1.1	A01/04:3.8	A01/04:3.8	31	KK15-X1.1:25
	C4005	Seis			1			A01/04	17	3.8	3.1	KK15-X1.1	A01/04:3.8	KK15-X1.1:25	32	KK15-X1.1:31
	C4005	Turvakytkin OK			1			A01/04	18	3.8	3.2		A01/04:3.8	KK14-X1.1:19	36	KT E/C4005-X2:11
4011	GS4011	Digitaal			1			A01/04	19	3.8	3.3	KK02-X2.1	A01/04:3.8	KT E/C4015-X10:1	38	KK02-X2.1:13
4015	C4015	Hätä-seis			1			A01/04	20	3.8	3.4		A01/04:3.8	KT E/C4005-X2:11	37	KT E/C4015-X10:1
	C4015	Eteen			1			A01/04	21	3.8	3.5	KK14-X1.1	A01/04:3.8	KK15-X1.1:31	33	KK14-X1.1:21
	C4015	Taakse			1			A01/04	22	3.8	3.6	KK14-X1.1	A01/04:3.8	KK14-X1.1:21	34	KK14-X1.1:23
	C4015	Automaatti			1			A01/04	23	3.8	3.7	KK14-X1.1	A01/04:3.8	KK14-X1.1:23	35	KK14-X1.1:19
	C4015	Seis			1			A01/04	24	4.8	4.0	KK14-X1.1	A01/04:4.8	A01/04:4.8	41	KK14-X1.1:25
	C4015	Turvakytkin OK			1			A01/04	25	4.8	4.1		A01/04:4.8	KK14-X1.1:25	42	KT E/C4015-X2:11
	C4017	Häiriö			1			A01/05	1	2.8	1.1	KK15-X2.1	A01/05:2.8	A01/05:2.8	1	KK15-X2.1:9
	C4017	Turvakytkin OK			1			A01/05	2	2.8	1.2		A01/05:2.8	KT E/C4019-X2:11	10	KT E/C4017-X2:11
	C4017	Eteen			1			A01/05	3	2.8	1.3	KK15-X2.1	A01/05:2.8	KK15-X2.1:9	2	KT E/C4017-X2:17
	C4017	Taakse			1			A01/05	4	2.8	1.4	KK15-X2.1	A01/05:2.8	KT E/C4017-X2:17	3	KT E/C4017-X2:19
	C4017	Automaatti			1			A01/05	5	2.8	1.5	KK15-X2.1	A01/05:2.8	KT E/C4017-X2:19	4	KK15-X2.1:5
	C4017	Seis			1			A01/05	6	2.8	1.6	KK15-X2.1	A01/05:2.8	KK15-X2.1:5	5	KK15-X2.1:7
4018	C4018	Hälytys			1			A01/05	7	2.8	1.7	KK15-X2.1	A01/05:2.8	KK15-X2.1:7	6	KK15-X2.1:19
	C4018	Vika			1			A01/05	8	2.8	2.0	KK15-X2.1	A01/05:2.8	KK15-X2.1:19	7	KK15-X2.1:21
4019	C4019	Ruuhka			1			A01/05	14	2.8	2.6	KK15-X2.1	A01/05:2.8	KK15-X2.1:21	8	KK15-X2.1:29
	C4019	Etukoje OK			1			A01/05	15	2.8	2.7		A01/05:2.8	KK15-X2.1:29	9	KT E/C4019-X2:11
	C4019	Turvakytkin OK			1			A01/05	16	3.8	3.0		A01/05:3.8	KK15-X2.1:37	33	KT E/C4019-X2:13
	C4019	Automaatti			1			A01/05	18	3.8	3.2	KK15-X2.1	A01/05:3.8	A01/05:3.8	31	KK15-X2.1:31
	C4019	Eteen			1			A01/05	19	3.8	3.3		A01/05:3.8	KT E/C4019-X2:13	34	KT E/C4019-X2:15
	C4019	Taakse			1			A01/05	20	3.8	3.4		A01/05:3.8	KT E/C4019-X2:15	35	KT E/C4019-X2:17
4023	C4023	Ruuhka			1			A01/05	21	3.8	3.5	KK15-X2.1	A01/05:3.8	KK15-X2.1:31	32	KK15-X2.1:37
	C4023	Etukoje OK			1			A01/05	22	3.8	3.6		A01/05:3.8	KT E/C4019-X2:17	36	KT E/C4023-X2:11
	C4023	Turvakytkin OK			1			A01/05	23	3.8	3.7		A01/05:3.8	KT E/C4023-X2:11	37	KT E/C4023-X2:13
	C4023	Automaatti			1			A01/05	25	4.8	4.1	KK15-X2.1	A01/05:4.8	A01/05:4.8	41	KK15-X2.1:39
	C4023	Eteen			1			A01/05	26	4.8	4.2		A01/05:4.8	KK15-X2.1:39	42	KT E/C4023-X2:15
	C4023	Taakse			1			A01/05	27	4.8	4.3		A01/05:4.8	KT E/C4023-X2:15	43	KT E/C4023-X2:17
4026	HS4026	Venttiilin käsi-ohjaus			1			A01/06	0	2.8	1.0	KK14-X1.1	A01/06:2.8	A01/06:2.8	1	KK14-X1.1:33
	HS4026	Automaatti			1			A01/06	1	2.8	1.1	KK14-X1.1	A01/06:2.8	KK14-X1.1:33	2	KK14-X1.1:35
	C8009	Turvakytkin OK			1			A01/06	28	4.8	4.4		A01/06:4.8	KT E/P8001-X2:13	43	KT E/C8009-X2:11
Myös C8010	C8009	Automaatti			1			A01/06	29	4.8	4.5	KK14-X1.1	A01/06:4.8	A01/06:4.8	41	KK14-X1.1:39
	C8009	Eteen			1			A01/07	0	2.8	1.0	KK14-X1.1	A01/07:2.8	A01/07:2.8	1	KK14-X1.1:41
	C8009	Taakse			1			A01/07	1	2.8	1.1	KK14-X1.1	A01/07:2.8	KK14-X1.1:41	2	KK14-X1.1:43
	C8010	Etukoje OK			1			A01/07	3	2.8	1.3		A01/07:2.8	KK13-X2.1:43	6	KT E/C8010-X2:11
	C8010	Turvakytkin OK			1			A01/07	4	2.8	1.4		A01/07:2.8	KT E/C8010-X2:11	7	KT E/C8010-X2:13
	C8010	Eteen			1			A01/07	5	2.8	1.5		A01/07:2.8	KT E/C8010-X2:13	8	KT E/C8010-X2:15
	C8010	Taakse			1			A01/07	6	2.8	1.6		A01/07:2.8	KT E/C8010-X2:15	9	KT E/C8010-X2:17
	C4001	Hydrauliikka on			1			A01/08	26	4.2	4.9	KK15-X1.1	A01/08:4.9	KK13-X2.1:14	42	KK15-X1.1:8
	C4001	Vapaakieruventtiili			1			A01/08	27	4.3	4.9	KK15-X1.1	A01/08:4.9	KK15-X1.1:8	43	KK15-X1.1:10
	C4001	Eteen			1			A01/08	28	4.4	4.9		A01/08:4.9	KT E/X3967-X2:14	45	KT E/C4001-X2:14
	C4001	Taakse			1			A01/08	29	4.5	4.9		A01/08:4.9	KT E/C4001-X2:14	46	KT E/C4001-X2:16
	C4017	Eteen			1			A01/09	2	1.2	2.9		A01/09:2.9	KK14-X1.1:32	2	KT E/C4017-X2:14
	C4017	Taakse			1			A01/09	3	1.3	2.9		A01/09:2.9	KT E/C4017-X2:14	3	KT E/C4017-X2:16
	C4019	Käyntilupa			1			A01/09	6	1.6	2.9		A01/09:2.9	KT E/C4017-X2:16	4	KT E/C4019-X2:20
	C4023	Käyntilupa			1			A01/09	7	1.7	2.9		A01/09:2.9	KT E/C4019-X2:20	5	KT E/C4023-X2:20
4025	HS4025	Venttiili			1			A01/09	8	2.0	2.9	KK14-X1.1	A01/09:2.9	A01/09:2.9	1	KK14-X1.1:32
6002	HS6002	Venttiili			1			A01/09	15	2.7	2.9		A01/09:2.9	KK05-X1.1:40	12	KK02-X2.1:2
6003	HS6003	Venttiili			1			A01/09	16	3.0	3.9		A01/09:3.9	KT E/C8010-X2:20	33	KK02-X2.1:4
6004	HS6004	Venttiili			1			A01/09	17	3.1	3.9		A01/09:3.9	KK02-X2.1:4	34	KK02-X2.1:6
6005	HS6005	Venttiili			1			A01/09	18	3.2	3.9		A01/09:3.9	KK02-X2.1:6	35	KK02-X2.1:8
6006	HS6006	Venttiili			1			A01/09	19	3.3	3.9		A01/09:3.9	KK02-X2.1:8	36	KK02-X2.1:10
8010	C8010	Käyntilupa			1			A01/09	22	3.6	3.9		A01/09:3.9	KK14-X1.1:38	32	KT E/C8010-X2:20
8012	HS8012	Venttiili			1			A01/09	23	3.7	3.9		A01/09:3.9	KK02-X2.1:10	37	KK02-X2.1:12
4009	WS4009	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	3	2.8	2.3	KK02-X2.1	A02/10:2.8	KK14-X1.1:13	7	KK02-X2.1:17
4012	TIS4012	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	4	2.8	2.4	KK02-X1.1	A02/10:2.8	KK02-X2.1:17	8	KK02-X1.1:39
4013	TI4013	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	5	2.8	2.5	KK15-X2.1	A02/10:2.8	KK13-X2.1:23	4	KK15-X2.1:1
4014	PI4014	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	6	2.8	2.6	KK15-X2.1	A02/10:2.8	KK15-X2.1:1	5	KK15-X2.1:3
4021	TI4021	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	7	2.8	2.7	KK14-X1.1	A02/10:2.8	KK15-X2.1:3	6	KK14-X1.1:13
4022	PI4022	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	8	3.8	4.0	KK14-X1.1	A02/10:3.8	A02/10:3.8	31	KK14-X1.1:15
4028	TIC4028	Mittaus ja säätö	1				4...20 mA	A02/10	9	3.8	4.1	KK02-X1.1	A02/10:3.8	KK14-X1.1:15	32	KK02-X1.1:33
5003	TI5003	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	10	3.8	4.2	KK02-X1.1	A02/10:3.8	KK02-X1.1:33	33	KK02-X1.1:11
6001	WS6001	Mittaus	1				4...20 mA	A02/10	11	3.8	4.3	KK02-X2.1	A02/10:3.8	KK02-X1.1:11	34	KK02-X2.1:19
8011	WS8011	Mittaus	1				4...20 mA	A03/02	4	2.8	2.4	KK02-X2.1	A03/02:2.8	KK03-X2.1:31	7	KK02-X2.1:21
8014	WI8014	Mittaus	1				4...20 mA	A03/02	6	2.8	2.6	KK15-X2.1	A03/02:2.8	A03/02:2.8	1	KK15-X2.1:45
8016	WI8016	Mittaus	1				4...20 mA	A03/02	7	2.8	2.7	KK15-X2.1	A03/02:2.8	KK15-X2.1:45	2	KK15-X2.1:47

